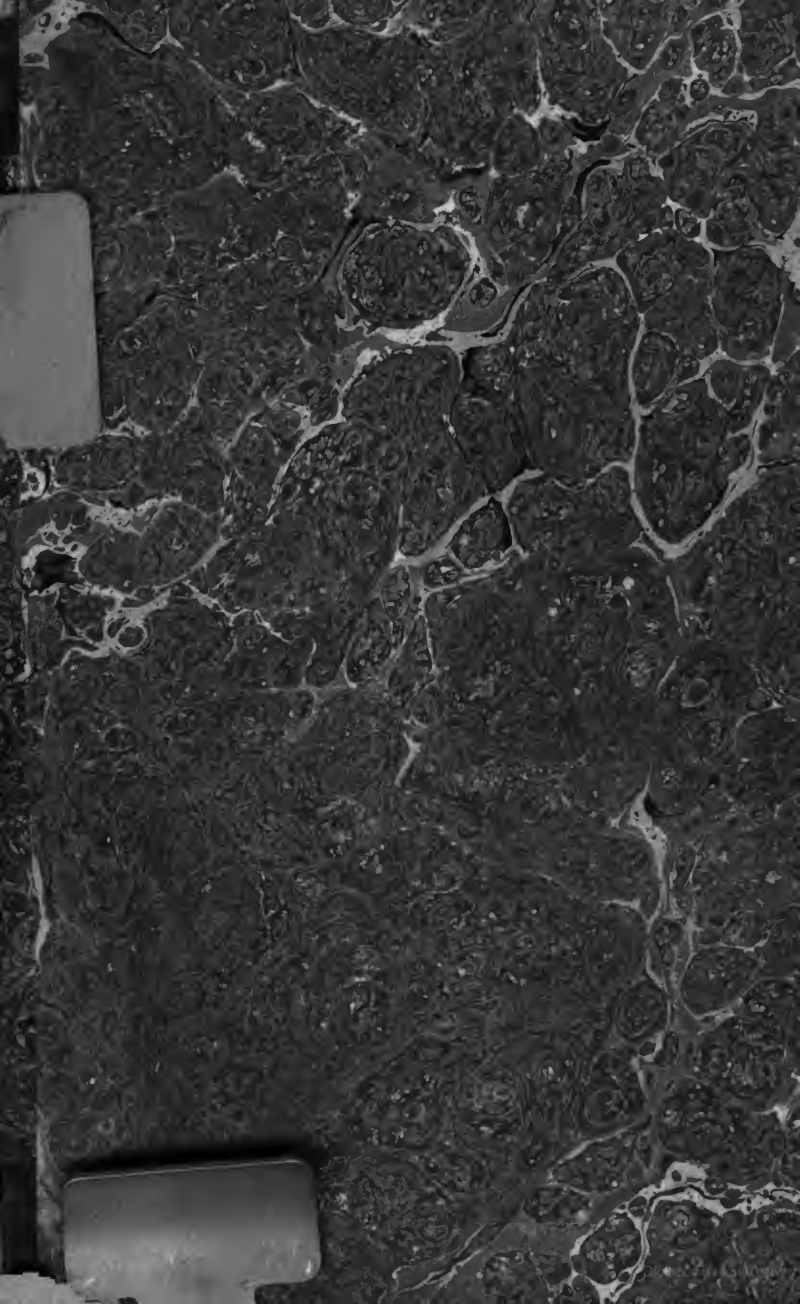
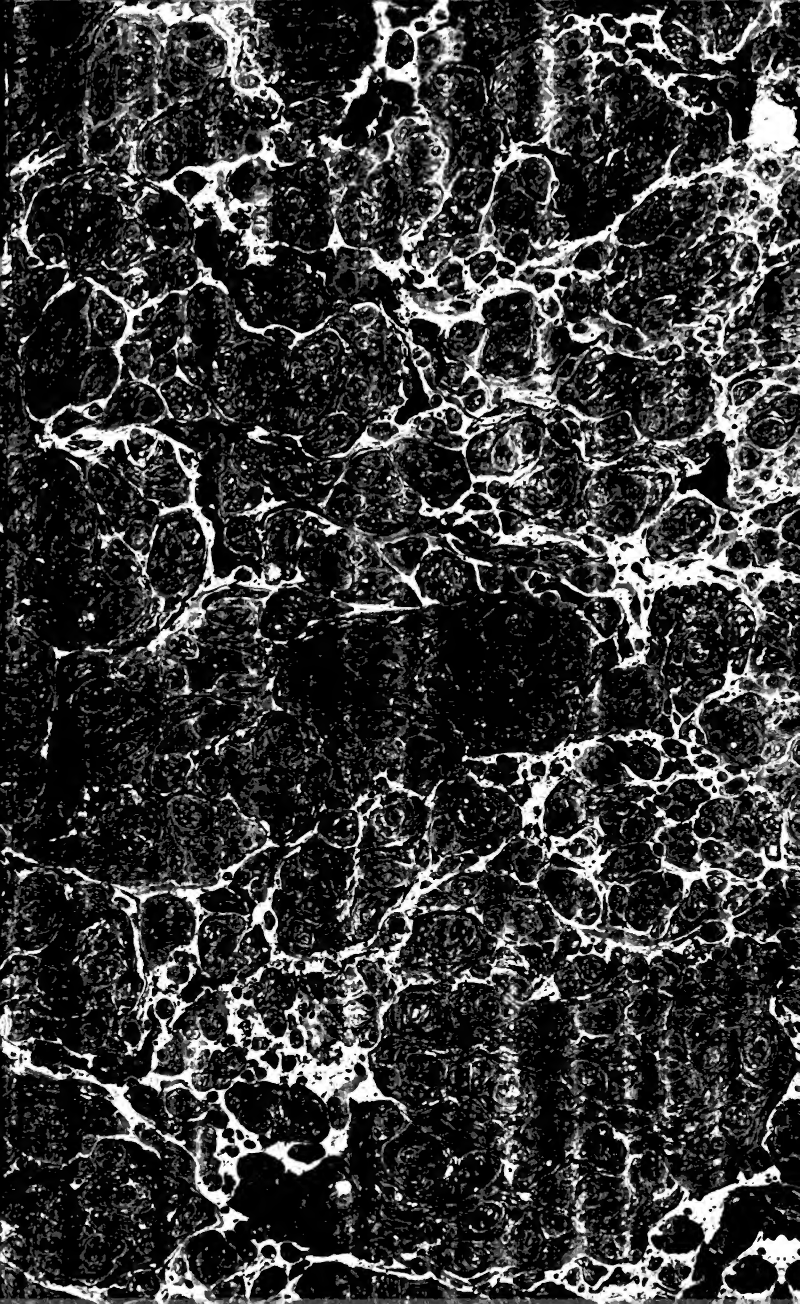






ANFANGSGRÜNDE

DER

NATURWISSENSCHAFT

VON

S. ANSCHEL

Doctor'n der Medicin und Chirurgie, Professor'n der Physik und Chemie an der hohen Schule des Departements vom Donnersberg und ausübendem Arzte in Mainz.

ERSTER THEIL.

ALLGEMEINE NATURWISSENSCHAFT.

Mit einer Kupfertafel.

Mainz,
gedrukt bei C. F. Pfeiffer, Prefecturbuchdrukker.
Germinal, 9ten Jahrs — 1801.


Bayerische
Staatsbibliothek
München

DEM

GROSSEN PHYSIKER

J. A. C. CHAPTAL,

MITGLIEDE

DES NATIONALINSTITUTS,

FRÄNKISCHEN

MINISTER DES INNERN,

UND

STAATSRATHE.

Folgende Anfangsgründe enthalten die Grundsætze, nach welchen ich die Naturwissenschaft œffentlich lehre. Die Herausgabe derselben haben Hoffnungen und Bestrebungen, meinen Vorlesungen einen ausgebreitetern Nutzen zu verschaffen, beschleunigt; sonst würden sie vielleicht mit wenigern Mængeln zum Vorscheine kommen.

Ich habe in der allgemeinen Naturwissenschaft auch den organischen Kœrpern allgemeine Betrachtungen gewidmet; weil ich Lebenswirkungen in keinen andern, als in den der Materie wesentlichen Kraftæusserungen suchen zu dürfen glaubte; weil meiner Ueberzeugung nach, die Begriffe, deren die Chemie überhaupt, und die Heilkunde insbesondere be-

dürfen, einzig und allein in der Naturwissenschaft urbar gemacht werden kœnnen; aber auch gemacht werden müssen, wenn jene den Namen wissenschaftlicher Kenntnisse führen, oder mit Kenntnissen solcher Art zusammen hængen sollen. Würden sich hingegen in den Naturprodukten, würden sich in dem Zusammenstosse gewisser Kœrper auch solche Kræfte entwickeln, von welchen sich gar keine vernunfmæssige Vorstellung machen liesse, oder die von irgend etwas Hœherm abzuleiten wæren: so wüsste ich nicht, wie Naturwissenschaft bestehen kœnnte, oder auf irgend eine Art mœglich sein sollte; und so dæchten also diejenigen nicht unrichtig, welche Naturlehre als den Schauplatz betrachten, wo man nur seh' und hœre, wie man mit Naturerscheinungen nach Lust und Belieben sein Spiel treiben kœnne.

ANFANGSGRÜNDE
DER
NATURWISSENSCHAFT.



EINLEITUNG.

I.

Durch was für Prinzipien die Naturwissenschaft begründet werden muss.

Der Name *Wissenschaft* in seiner wahren Bedeutung kommt ausschliessend einem Systeme von Erkenntnissen zu, worin alles Wissen apodiktisch ist, næmlich einem Inbegriff von Erkenntnissen der Art, die in Ansehung ihres Zusammenhangs so wohl als der ursprünglichen Verbindungen der Vorstellungen ihre Quelle *a priori* haben.

Der Pfad der Wissenschaften ist diesemnach zwischen enge Grænzen eingeschlossen, die aber eben so unerlasslich nothwendig als deutlich zu erkennen sind. Man will næmlich den Wahrnehmungsurtheilen, oder den Erkenntnissen *a posteriori* allen Antheil an dem absprechen, was Wissenschaften begründet, weil diese mit dem Karakter derselben nicht vereinbar sind. Denn Wahrnehmungen sind nur dienstbare Stoffe, deren zwar Wissenschaften auf mancherlei Weise bedürfen. Da aber ihr Vorhandensein und ihr Inhalt eine Sache des Zufalls ist, und ihre Verhæltnisse, wenn sie ein Gegenstand der Erkenntniss werden sollen, aus anderweitigen Prinzipien bestimmt werden müssen, so kœnnen sie die evidenten Grundlagen nicht abgeben, auf welche Wissenschaften sich stützen müssen.

Die Naturwissenschaft hat, wie die Folge lehren wird, das grosse Ziel, die auf unabænderliche Gesetze gegründete

Ordnung in allen Erscheinungen und den unverbrüchlichen Zusammenhang, der dadurch in allen vorstellbaren Theilen des Weltalls besteht, darzuthun. Von Wahrnehmungen, empirischen Anschauungen ist jene Ansicht, die den Erscheinungen Bedeutung gibt, und diese hinwiederum verstændlich und begreiflich macht, so weit entlegen, dass sie nur durch unwandelbare, durch sich selbst begründete, unumstœssliche Prinzipien erœffnet werden kann.

Es ist allerdings wahr, dass ihren Kausalverbindungen nach selbst empirische Anschauungen in allen Graden intensiver Grœssen aus gleich grossen dynamischen Einflüssen entspringen. Allein solche Bestimmungen haben sie nicht durch sich selbst, vielmehr ist jeder Gegenstand der Empfindung für sich genommen ausser aller Beziehung und in allen seinen Theilen isolirt und erwartet erst die Anwendung der dem Verstande eigenthümlichen

Gesetze, um in dessen Vorwurf verwandelt zu werden. Gehen wir weiter, so findet sich, dass es mit allen vorstellbaren Ereignissen der Natur im Kleinen so wohl als im Grossen dieselbe Bewandtniss habe. Es ist immer der Verstand, der sie mit dem Ganzen des Weltalls in verstændlicher Einhelligkeit verknüpfet, und nur durch und aus sich selbst fasst er die Entwürfe, nach welchen er überall innere und æussere Verhæltnisse unterscheidet und am Ende die Gegenstænde seiner Nachforschungen, gemæs den erforderlichen Gesichtspunkten, mit seinen Grundbegriffen in Uibereinstimmung bringt.

Es müssen sich indessen Nachforschungen, die nicht inhaltslos sein sollen, auf Materialien mœglicher Anschauungen beziehen, und Vorstellungen überhaupt haben keine wahre oder reale Bedeutung, wenn sie sich auf nichts, was in Anschauungen angeblich ist, beziehen. Folglich kœnnen auch Prinzipien

ihren wahren Inhalt oder ihre Bedeutung nicht anders als durch anschauliche oder sachliche Objekte, die sie bezeichnen, oder auf welche sie Beziehungen haben, verbürgen.

Kann ein Gegenstand in der Anschauung gegeben werden, so findet Erfahrungserkenntniss von demselben statt. Aber von der Uibereinstimmung der verbundenen Theilvorstellungen mit dem Gegenstande hængt es ab, ob eineErfahrungserkenntniss wahr sei. Ein irriges Urtheil, das auf der Verwechselung der subjecktiven Bestimmungen mit objektiven beruhet, heisst *Schein.* Dieser heisst *transscendental*, wenn die Vernunft in so weit Antheil hat, dass sie ihre subjektiven Maximen als objektive betrachtet. Uibersteigt sie auf diese Art die ihr angewiesenen Grænzen, um Erscheinungen zu erklæren, so erzwingt sie *hyperphysische*, *transscendentale Hypothesen.* Diese dürfen nie gastattet werden. Durch sie vertritt sich die Vernunft ihren

eignen Weg, sie findet nicht, was sie suchte, und es bleiben ihr nur tæuschende Irrwische sichtbar, die sie an ihren sumpfichten Boden fesseln und ihre Kræfte vollends læhmen.

II.

Von den Hindernissen, die dem Aufkommen und dem Fortgange der Naturwissenschaft begegnen mussten.

Die Philosophie des Verstandes musste bereits angefangen haben, bevor man wissen konnte, was Naturwissenschaft ist, oder an das Aufkommen derselben denken konnte. Denn die Prinzipien, deren sie zu ihrer Begründung bedarf, kœnnen nicht eingesehen werden, wenn man sich auf den innern Gehalt, auf die Verhæltnisse und auf die Urquellen des Erkennbaren ganz und gar nicht versteht. Aber die Vernunft konnte hier dem Geschicke nicht entgehen, das, was sie aufs hœchste

interessirt , weil es die Kenntnisse ihrer selbst betrifft, dadurch kennen lernen zu müssen , dass sie sich Versuchen über sich selbst überliess. Jeder mislungene Versuch machte einen andern nothwendig. Glüklich genug, wenn sie mit jedem entdeckten Irrgange die Warnung versteht, wie sie sich nicht unvermerkt wieder daselbst einfinden soll. Darum bemæchtigte sich also bei den alten Philosophen die Phantasie der Folgereihen von erdichteten Erklærungen und Thatsachen , damit sich die Vernunft so wohl von ihren Kræften als von jenen der übrigen Natur unterrichten kœnnte. So ward in der Vernunft das Vermœgen übersinnliche Gegenstænde zu erkennen , und ausser ihr ein Weltmeer von Atomen , denen mancherlei Gestalten und Kræfte zugeeignet wurden , angenommen ; so ein Despotism in guten und bœsen Geistern , der sich an Schœpfungen und Vernichtungen weidete ; so der strafende Jupiter im Weltgericht der

Gewitterwolken ; so sprechende Vorbedeutungen im gebrochenen und ungebrochenen Lichte, und solcher Hirngespinste unzæhlige.

Wer weiss nicht, dass bei den griechischen Weltweisen alle wissenschaftliche Untersuchungen mit dem Problem anfiengen, wie und durch was für eine Weltursache das Nichts, oder ein von Ewigkeit her bestandenes Chaos, in eine Weltschœpfung übergegangen sei. Wir brauchen auch nicht weit über die gegenwærtige Epoche hinaufzusteigen, um die naturwissenschaftlichen Untersuchungen mit solchen hyperphysischen Betrachtungen in grœsserem oder geringerem Masse verwickelt zu finden. Die Ursache ist nicht schwer zu errathen. Man glaubte næmlich, dass man keinen sicherern Weg einschlagen kœnne, um alle Naturphænomene zu erklæren, oder auf ihre ersten Prinzipien zurückzuführen, als der Urquelle alles Seins nachzuspühren. Allein sobald

der Naturforscher wissen will, wonach er nicht zu frägen hat, so hœrt er auf, seinen Namen zu verdienen; er schwærmt auf einem fremden Boden, wo ihn alles zu Missgriffen und Missdeutungen verleitet.

Um daher diesem allem vorzubeugen, müssen die Kenntnisse der Grundvermœgen des Verstandes aufgestellt sein. Alsdann ist man sicher, ihnen keine Verrichtungen anzuweisen, die sie nicht ausüben kœnnen. Und was noch mehr ist, es ergeben sich dadurch die Grænzen des Wissens und man lernt nicht nur die Kræfte kennen, die einzig und allein es vermœgen, Wissenschaften anzubauen, sondern auch die Materialien, deren sie bedürfen. Aber was von vorzüglicher Wichtigkeit ist, man erlangt richtige Einsichten von der Beziehung der Verstandeskræfte auf die Gegenstænde der Natur, und dieses führt auf die wahre Bedeutung der regelmässigen Umläufe und der Ordnung in den Erscheinungen, die zu allen Zeiten zu den

Befriedigungen aller Bedürfnisse geholfen haben, und doch wohl niemals zu früh einer reiflichen Erwägung hætten unterworfen werden können. Und endlich lernt man auch, dass es der Natur gezieme, sich in ihrer Wirksamkeit lenken, und selbst in Ansehung der Grœsse derselben Mass und Ziel vorschreiben zu lassen. Das letztere ist allerdings als Thatsache dem Scharfblicke des *Baco* und *Galilei* nicht entgangen, und man darf eben so wenig den rühmlichen Eifer verkennen, mit welchem andere in ihre Fusstapfen getreten sind. Allein, um Naturlehre als Wissenschaft zu begründen, reichte jene Thatsache, für sich genommen, nicht hin, so lange nicht gezeigt ward, wie sie begründet und wie die Natur gezwungen sei, vorgeschriebene Wege zu wæhlen. Daher kam es ohnstreitig, dass selbst über die Gegenstænde der Erfahrung Vernunft und Erfahrung einander meistern und *aristotelische*, *cartesianische*, *leibnitzia-*

nische und *materialistische* Denkarten ihren Einfluss wetteifernd auf jene Wissenschaft behaupten wollten. Næherte sich aber auch einer oder der andere ihrer Gegenstænde dadurch, dass er in mathematische Form gebracht wurde,oder selbst die Anwendung der Mathematik zuliess, seinem zu behauptenden Range, so wurden in Ansehung anderer, Erfahrungen auf Rechnung der Vernunft und Phantasie entstellt. So konnte kein Theil des andern Stütze abgeben, und alle insgesammt kein zusammenhængendes Ganzé ausmachen. Ja, wenn selbst begangene Irrthümer entdeckt wurden, so schmeichelte man sich, dass die Verstandeskræfte nunmehr einen hœhern Schwung genommen, aus welchem sie mit grœsserer Sicherheit fortwirken kœnnten. Wære aber jemanden der gerechte Vorwurf entwischt, dass man wohl nicht zum letztenmale eine Hypothese gegen einen entdeckten Irrthum eingetauscht haben werde, so hætte er

sich der Ausflucht gefallen lassen müssen, dass die Werkstætte der Natur verlarvet und für das ausgebreitete Feld der Erscheinungen dem forschenden Auge ein zu kleiner Sehewinkel vergœnnt sei. So lange also die erfoderlichen Kenntnisse des Erkenntnissvermœgens den Gang der Wissenschaften noch nicht befestigt hatten, mussten einer Seits viele Bemühungen ohne sichern Erfolg verwendet werden, und gleichwohl andrer Seits die Vernunft in Ansehung der Dinge, die sie ausgeführt haben soll, oder in der Folge noch soll ausführen, oder nicht ausführen kœnne, mancherlei Tæuschungen næhren.

III.

Von den Objekten und von der Begründungsweise der Prinzipien der Naturwissenschaft.

Es wird hier als bekannt vorausgesetzt, dass die Art, wie überhaupt Gegenstænde von dem menschlichen Verstande ge-

dacht werden, durch die ursprünglichen Verhæltnisse des Erkenntnissvermœgens zu denselben, d. i. durch die Formen der Sinnlichkeit und des Verstandes, unabænderlich bestimmt ist. Man richte hierauf sein Augenmerk, und man wird von selbst auf die Objekte der Naturwissenschaft und auf die Prinzipien, durch welche sie begründet wird, geführt werden.

Gegenstænde kœnnen næmlich nicht anders als Erscheinungen, das ist, in irgend einem der wechselnden Zustænde, worin das ihnen zum Grunde liegende Beharrliche versetzt ist, gegeben werden. Hieraus folgt sogleich, dass das, was die Entstehung oder Schœpfung der Substanzen angeht, kein Gegenstand theoretischer Erkenntnisse oder Untersuchungen sein kœnne, sondern als ein solcher angesehen werden müsse, der ausser den Grænzen derselben gelegen ist. Denn der Uibergang aus dem Nichtsein ins Dasein kann kein Material mœglicher Anschauungen

sein, kann also in der Erfahrung nie vor-kommen und folglich kann ihm auch kein Begriff entsprechen.

Wir finden indessen bei næherer Erwægung, dass der Wechsel von Zustænden nicht anders mœglich ist, als dadurch, dass innere Prinzipien der Substanzen, næmlich die ursprünglichen Kræfte beständig Verænderungen mit der Zeitfolge, das ist nacheinander, bewirken. Diese Wirkungen sind also unerlassliche Bedingungen jener Prinzipien, oder wesentliche Bestimmungen in Ansehung der Aeusserungen jener Grundkræfte.

Man kann aber die æussern Erscheinungen auch noch in anderer Rücksicht betrachten. Næmlich damit sie als Gegenstænde, die in einem Raume zugleich sind, vorgestellt werden kœnnen, muss ihr gesammter Inbegriff eine wechselseitige thætige Verbindung haben, oder in thætiger Gemeinschaft stehen. Man wird nun sehr gern zugeben, dass auch dieser

Zusammenhang nicht anders als durch die Wirkungen jener ursprünglichen Kræfte begreiflich gemacht werden kœnne. Wenn sich aber am Ende zeiget, dass derselbe durch die aufgestellten dynamischen Prinzipien auf die ungezwungenste Weise begründet wird, so wære dieses wohl als eine Probe richtiger Resultate anzusehen.

Wie sind aber die naturwissenschaftlichen Betrachtungen über das, was uns erscheint, mœglich, und was hat die Naturwissenschaft für einen Endzweck? Dieses soll jetzt næher angegeben werden.

Natur eines Dinges nennt man den Zusammenhang alles dessen, was zu seinem Dasein als Gegenstand der Erscheinung gehœret, mit gewissen in demselben anzunehmenden innern Prinzipien. Daher heisst auch das Weltganze, oder der Inbegriff aller Erscheinungen, in so ferne diese vermœge innerer Prinzipien zusammenhængen, Natur.

Es ist nun die Sache der *allgemeinen Naturwissenschaft*, die Kausalprinzipien und die gegenseitigen Verhæltnisse derselben darzustellen, wodurch der Inbegriff aller Erscheinungen begründet wird. Die *besondere Naturwissenschaft* aber beschæfftigt sich in gleicher Absicht mit den Verhæltnissen der einzelnen Gegenstænde der Natur. Es ist jedoch zu bemerken, dass das Denkvermœgen oder die denkende Natur kein Gegenstand naturwissenschaftlicher Betrachtungen sein kœnne, weil die Grundsætze der Kœrperlehre sowohl als die Mittel, deren man sich bei Untersuchungen der Kœrper bedient, auf die Erscheinungen des innern Sinnes nicht anwendbar sind.

Die allgemeine Naturwissenschaft stellt also die Gesetze dar, nach welchen die allgemein in der Natur, oder in allenKœrpern verbreiteten Grundkræfte wirken, und folglich kann sich die besondere Naturwissenschaft derselben als eines Leitfa-

dens in ihren Untersuchungen bedienen. Man kann diese Gesetze mit dem Namen der *materialen Naturgesetze* belegen. Sie sind offenbar von den Handlungsweisen des Verstandes selbst, worin die Quellen alles menschlichen Denkens zu suchen sind, unterschieden, und sie nehmen also aus Naturgesetzen hœherer Art ihren Ursprung, die man *transscendentale Naturgesetze* nennen kann. Vermœge der letztern werden die Gegenstænde der Erfahrung in so weit mœglich, dass sie gedacht oder Erkenntnisse werden kœnnen. Nach den materialen Naturgesetzen hingegen hat man sich die Art ihrer Subsistenz vorzustellen.

Die Naturwissenschaft hat folglich selbst Prinzipien *a priori*, und es werden in derselben wiederum andere festgesetzt, nach welchen einzelne Erscheinungen oder Naturbegebenheiten beurtheilt werden müssen. Es ist allerdings nicht zu læugnen, dass man in Ansehung der letz-

tern jederzeit auf grosse Schwierigkeiten stossen muss, die aus der Verwickelung und Zusammensetzung ihrer Ursachen entspringen. Allein man weiss ein für allemal die hœchsten und allgemeinen Triebfedern, man kennt die materiellen Naturgesetze, die für jede Naturthætigkeit unverænderlich sind, und folglich die Bedingungen, ohne welche weder die vorhandene Wirkung noch ihre Ursache statt finden kœnnte. Man bedient sich in dieser Absicht in der besondern Naturwissenschaft gewœhnlich der Neutonschen Regel als eines Grundsatzes, dass Erscheinungen gleicher Art gleiche Ursachen erfodern. Es hat damit auch seine vollkommene Richtigkeit, so lange von allgemeinen Kausalprinzipien die Rede ist. Denn eine wiederholte Wirkung, ein verænderter Zustand, der neuerdings eintritt, setzt eine wiederholte Bedingung voraus, und allerdings gründen sich hierauf die Experimentaluntersuchungen, die

unerschœpflichen Hülfsquellen für die besondere Naturwissenschaft. Allein hier ist es zugleich der Fall, wo die Anwendung jener Regel der schærfsten Vorsicht und Behutsamkeit bedarf. Denn so bald man darauf ausgeht, auch die Kœrper oder die individuellen Ursachen zu bestimmen, wodurch Erscheinungen hervorgebracht werden, so ist die Anwendung jener Regel æusserst beschrænkt, weil die Reihen der Kausalverbindungen von eben so mannigfaltiger Art sein kœnnen, als die jedesmaligen neben einander befindlichen Dinge verschiedner Natur sind, oder unter verschiedenen Verhæltnissen gegen einander stehen. Indessen kann hier nicht unbemerkt bleiben, dass man, um die individuellen Ursachen zu erforschen, die gedenkbaren Ursachen in sehr verschiedenen Graden ihrer Thætigkeit wirken læsst, und dabei jeden Umstand, der einen Einfluss haben kann, entfernt, oder ihn wenigstens so viel wie mœglich auf

mannigfache Weise abændert. Aber auch nur dadurch, dass man diesen Regeln Genüge leistet, kœnnen Theorien zu Stande kommen, denen mit Zuversicht eine Stelle in der Reihe wissenschaftlicher Kenntnisse eingeræumt werden darf.

IV.

Von dem Gange der Untersuchung in der allgemeinen Naturwissenschaft.

Das, was zum Stoffe der empirischen Anschauungen gehœret, oder was als Gegenstand empirischer Anschauungen überhaupt gegeben werden kann, heisst *Materie.* Man kann also dadurch zu dem Ziele, das die allgemeine Naturwissenschaft erreichen soll (III), gelangen, dass man die wesentlichen Bestimmungen der Materie zu begründen suchet. Dass man sich aber zu diesem Behufe keiner Wahrnehmung bedienen kann, wird hier neuerdings nicht erinnert werden dürfen, und sie kann auch hier um so weniger als

Grundlage dienen, da man den Gegenstand derselben allererst bestimmen will. Uiberdiess kann ja auch ausserhalb der Wahrnehmungen nichts gegeben werden, wodurch eine Vergleichung mit dem, was in denselben gegeben wird, statt finden kœnnte. Unser Verfahren muss folglich andrer Art sein. Man suchet næmlich die Bedeutungen der Prædikabilien des reinen Verstandes auf, die als formale oder transscendentale Naturgesetze angesehen werden (III), in Beziehung auf die Materie und folgende Momente der Untersuchungen werden sich unsern Betrachtungen darbieten:

1) *Die Grœssenlehre der Bewegung.*

Phoronomie.

Diese Lehre muss allen übrigen Untersuchungen vorangehen. Sie ist æusserst fruchtbar in ihren Folgen und verdient ohnstreitig ihren wissenschaftlichen Rang, da man sich zu ihrer Begründung fast

blosser mathematischer Konstruktionen bedient.

Was den Vorstellungen von Grœssen und ihren Verhæltnissen hier zum Grunde liegt, ist, dass die Beziehung auf etwas Aeusseres, die die empirische Anschauung enthælt, schon für sich als ein Mannigfaltiges anzusehen ist. Denn Aussereinandersein besteht durch ræumliche Verhæltnisse. Da nun aber auch die Verhæltnisse der Zeit mit in Betracht kommen, so entstehen die Begriffe von Abænderungen der ræumlichen Verhæltnisse, oder von *Bewegungsfæhigkeit* der Materie. Mit der Beziehung des Begriffes von *Vielheit* auf die Bewegung wird untersucht, wie *eine* Bewegung mehrern andern zusammengenommen gleich sein kœnne; und eben so mit der Beziehung des Begriffes von *Allheit*, wie aus Bewegungen, deren Richtungen einander durchkreutzen, *eine* erfolge.

2) *Die Kræftenlehre. Dynamik.*

Die Materie ist etwas Reales, oder von intensiver Grœsse. Zu ihrer Existenz werden also Gründe des Uibergewichts über blosse ræumliche Beziehungen, die in Anschauungen konstruirt werden, erfodert. Folglich müssen ursprüngliche Kræfte oder Grundkræfte wirksam angenommen werden, deren Erzeugnisse Raumerfüllungen sind. Sind aber letztere nicht mœglich, es sei denn, dass in den Grundkræften gegenseitige *Receptivitæten*, vermœge welcher wechselsweise Beschrænkungen statt haben kœnnen, vorhanden sind, so werden Kraftæusserungen von intensiver Grœsse, *Realitæt*, *Negation*, *Limitation*, wesentliche Bestimmungen in der ursprünglichen Subsistenz der Materie.

3) *Die Grœssenlehre der Bewegungskræfte. Arithmologie.*

Die Aeusserungen der Grundkræfte werden ihrer Quantitæt nach untersucht.

4) *Die Lehre der Mittheilung der Bewegung. Mechanik.*

Die Materie, die vermœge ursprünglicher Kraftæusserungen als *Substanz* existirt, kann die quantitative Thætigkeit sowohl als die qualitative anderer Materien modifiziren; und es finden vermœge der dynamischen *Gemeinschaft* der Materien, vermœge ihrer *Kausalverbindungen* und *Wechselwirkungen*, Abænderungen ihrer Zustænde, oder Uibergænge aus einem Zustande in irgend einen andern statt.

5) *Die Lehre der Bewegung und Bewegungskræfte als Gegenstænde der Erfahrung. Phænomenologie.*

Es werden die Vorstellungsarten der Bewegung und Bewegungsæusserungen für das Feld der Erfahrung, und wie ihre *Mæglichkeit*, oder *Unmæglichkeit*, *Wirklichkeit*, *Nothwendigkeit*, oder ein *blosser Schein* der Bewegung statt findet, bestimmt.

6) *Die Lehre der dynamischen Gemeinschaft und der verschiedenen Verhæltnisse der Naturdinge gegen einander.*

Alles Wahrnehmbare subsistirt durch die in seinen Elementen vertheilten Kræfte, und eben diese begründen das mannigfaltige Verhalten der Kœrper gegeneinander, die Mœglichkeit der Trennungen, Verbindungen, oder Mischungsveränderungen, der anorganischen und organischen Beschaffenheiten, der systematischen Verknüpfungen in einzelnen Theilen und im Weltganzen.

DER ALLGEMEINEN

NATURWISSENSCHAFT

ERSTES HAUPTSTÜK.

Die Grössenlehre der Bewegung, Phoronomie.

§. I.

Wenn die Mœglichkeit der Grœssen der Bewegungen erœrtert, oder dargethan werden soll, so kœnnen Ursachen oder Wirkungen derselben ganz und gar nicht in Betracht kommen, und eben so wenig kann auf Gestalt oder sonstige Beschaffenheiten des beweglichen Dinges Rücksicht genommen werden. Es kann also hier ein beliebiger Punkt, der den Træger der Bewegung abgibt, den Namen *Materie* führen.

§. 2.

Man verbindet mit der Vorstellung eines Gegenstandes æusserer Wahrnehmung jene der ræumlichen Verhæltnisse, die man sich der Veränderung fæhig denkt. Eine wirkliche Verænderung solcher Art heisst *Bewegung*. Von dieser ist also jenes die karakteristische Bestimmung, die einer jeden Bewegung zukommen muss.

§. 3.

Man hat sonst Bewegung durch Ortsverænderung definirt. Allein durch den Begriff des Ortes bezeichnet man bloss einen gewissen Theil eines Raumes, und da keine gegenseitigen Verhæltnisse in Anschlag kommen, so ist leicht einzusehen, dass es Verænderungen in den Raumverhæltnissen geben kœnnen, bei welchen der Ort derselbe bleibt. Dieses ist wirklich der Fall bei Bewegungen der Kœrper um ihre Achsen. Die Unrichtigkeit der sonst gewœhnlichen Erklærung der Bewegung ist also vœllig handgreiflich.

§. 4.

Die Verænderungen der ræumlichen Verhæltnisse sind in jeder vorstellbaren Bewegung durch die zwei Grænzpunkte *von wo* und *wohin* bestimmt. Es wird also der begrænzte Spielraum einer Bewegung auf einen andern Raum bezogen, gegen welchen auch seine Verhæltnisse verænderlich, d. h. in welchem auch er beweglich ist. Es wird folglich keine Bewegung in einem Raume A gedacht, ohne dass dieser selbst als beweglich in einem græssern B angesehen wird, und dieser hinwiederum in einem græssern C u. s. w.

§. 5.

Bewegliche Ræume, oder Ræume, zwischen deren Grænzen Bewegung vorgestellt wird, heissen *relative Ræume.* Man setzt diese dem *absoluten Raume* entgegen, dessen Vorstellung an der ursprünglichen Form der Sinnlichkeit haftet, uud der sich nicht als begrænzt und folglich auch nicht als beweglich denken læsst.

§. 6.

Eine absolute Bewegung, das ist, eine Bewegung in Beziehung auf einen absoluten Raum kann keinen Gegenstand unserer Betrachtungen abgeben. Denn wir haben gesehen, dass es in der Vorstellung einer Bewegung wesentlich ist, das Bewegliche auf einen begrænzten Raum zu beziehen (§. 4.).

§. 7.

In so ferne die in einem relativen oder begrænzten Raume vorstellbaren Punkte als beweglich gedacht werden, wird der Raum materiellen Dingen gleich gesetzt. Weil nun aber die Bewegung eines jeden Theils jener des ganzen Raumes gleich ist, so muss alles das von der Bewegung des letztern gelten, was von der Bewegung eines Punktes bestimmt wird (§. 1.).

§. 8.

Von den unzæhligen geraden Linien, die von dem Anfangspunkte einer Bewegung (§. 4.) gezogen werden kœnnen,

heisst diejenige die *Richtung*, die von dem Beweglichen eingeschlagen wird; jene aber, die es wirklich durchlæuft, *der Weg*, *die Bahn*, oder schlechtweg *der Raum.*

§. 9.

Je nachdem die Bahn eine krumme oder gerade Linie ist, heisst die Bewegung selbst *geradlinig*, oder *krummlinig*. Dass in einer krummlinigen Bewegung die Richtung mit jedem gedenkbaren Theile der Bahn unaufhœrlich abgeændert wird, ist leicht einzusehen; allein ihre Entstehungsart kann erst in der Folge næher erœrtert werden.

§. 10.

Nach den mannigfachen Abænderungen in den Richtungen und Begrænzungen der Bahnen heissen die Bewegungen:

1) *drehend*, wo keine, und

2) *fortschreitend*, wo wirkliche Ortsverænderungen erfolgen. Im letztern Falle wird entweder der Raum

a) *erweitert*, oder er ist

b) *beschrænkt*, und in demselben kann das Bewegliche entweder

aa) *schwanken*, d. i. denselben Weg abwechselnd in entgegen gesetzten Richtungen durchlaufen, oder

bb) *zirkuliren*, d. i. mit denselben unaufhœrlichen Abænderungen in seinen Richtungen die Bewegung wiederholen.

§. 11.

Geschwindigkeit ist das Verhæltniss der Grœsse der Dauer zur Grœsse des Raumes. Je nachdem næmlich in einer Bewegung die in derselben Zeit durchlaufene Bahn grœsser, oder kleiner, oder die zu derselben Bahn erfoderliche Zeit kleiner oder grœsser ist, heisst die Bewegung *geschwinder*, oder *langsamer*.

§. 12.

Vergleichet man Raum, Zeit und Geschwindigkeit zweier Bewegungen gegen einander, und setzet für ihre Ræume S, s, für ihre Dauer T, t, und für ihre

Geschwindigkeiten C, c, so ergeben sich folgende Verhæltnisse:

1) $C : c = S : s$, d. i. in gleichen Zeiten verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Ræume.

2) $C : c = t : T$, d. i. die Geschwindigkeiten verhalten sich verkehrt wie die Zeiten, wenn gleiche Ræume durchlaufen sind.

3) $C : c = St : sT = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$, d. i. die Geschwindigkeiten zweier Bewegungen verhalten sich überhaupt, wie die Produkte aus den Ræumen in die verkehrten Zeiten, oder wie die Quotienten der Ræume durch die Zeiten. Hieraus folgt:

4) $S : s = CT : ct$, oder die Ræume verhalten sich wie die Produkte aus den Geschwindigkeiten in die Zeiten, und

5) $T : t = \frac{S}{C} : \frac{s}{c}$, oder die Zeiten verhalten sich wie die Quotienten aus den Ræumen durch die Geschwindigkeiten.

§. 13.

Man nennt eine Bewegung *gleichfœrmig* (motus uniformis, æquabilis), wenn in gleichen Zeiten gleiche Ræume zurückgelegt werden, d. i. wenn die Geschwindigkeit sich gleich bleibt. Die Geschwindigkeit der Bewegung eines Punktes, der sich durch den Raum S in T Sekunden gleichfœrmig bewegt, ist in jeder Sekunde $= \frac{S}{T}$, oder in jeder Sekunde durchlæuft er einen Raum $= \frac{S}{T}$ (§. 12. N.° 3.). Verændert sich aber die Geschwindigkeit, oder werden in gleichen Zeiten ungleiche Ræume zurückgelegt, so heisst die Bewegung *ungleichfœrmig* (motus variatus, inæquabilis).

§. 14.

Eine Bewegung, deren Geschwindigkeit zunimmt, heisst eine *beschleunigte* (motus acceleratus), und eine *verzœgerte Bewegung* (motus retardatus) wird diejenige genannt, deren Geschwindigkeit ab-

nimmt. Je nachdem aber die Ab- oder Zunahme der Geschwindigkeit gleichmæssig, oder ungleichmæssig erfolgt, heisst die Bewegung *gleichfœrmig*, oder *ungleichfœrmig verzœgert* (motus uniformiter, inæquabiliter retardatus), und *gleichfœrmig* oder *ungleichfœrmig beschleunigt* (motus uniformiter, inæquabiliter acceleratus).

§. 15.

Die Geschwindigkeit wæchst nothwendig bis ins unendliche, wenn die Zeiten, worin gleiche Ræume durchlaufen werden, mit der Dauer der Bewegung sich fortwæhrend verkürzen. Dieses gibt uns die Idee von einer *unendlichen Geschwindigkeit*, vermœge welcher selbst eine endliche Zeit zuletzt hinreichen müsste, damit eine Bewegung durch einen unendlichen Raum geschehen kœnnte. Die Geschwindigkeit muss aber *unendlich klein* werden, wenn die Zeiten, worin gleiche Ræume zurückgelegt werden, sich

fortwæhrend vergrœssern. Mit dieser müsste die Bewegung durch einen unendlich kleinen Raum eine endliche Zeit erfodern.

§. 16.

Eine gedenkbare Zeit an einem und demselben Orte beharren, heisst *ruhen.* Næmlich die Vorstellung von Ruhe bezieht sich auf die zur Gegenwart an einem Orte verwendete Zeit, es mag diese auch noch so geringe sein. *Ruhe* ist also die *beharrliche Gegenwart* (præsentia perdurabilis) an einem Orte. Man gibt desswegen den Namen Ruhe selbst den Verænderungen ræumlicher Verhæltnisse, die nur zu geringe sind, um wahrgenommen werden zu kœnnen, oder auch jeder Bewegung mit einer unendlich kleinen Geschwindigkeit. So verbindet man mit dem Anfange und dem Ende einer Bewegung noch den Begriff von Ruhe. So denkt man sich einen in die Hœhe geworfenen Kœrper, in dem Augenblicke,

da er die grœsste Hœhe erreichet hat, in Ruhe.

§. 17.

Da die Vorstellung von Ruhe die Beziehung auf abgeænderte Geschwindigkeit der Bewegung, und mithin auch die Beziehung auf einen relativen Raum (§. 5.) enthælt, so kann auch eine *absolute Ruhe* kein Gegenstand der Wahrnehmung sein.

§. 18.

Auf der falschen Voraussetzung, dass absolute Ruhe so wohl als absolute Bewegung statt haben kœnne, weil selbst der absolute Raum (§. 5.) an den æussern Gegenstænden hafte, beruhet die sonst gewœhnliche irrige Erklærung der Ruhe: sie sei Mangel der Bewegung, so wie die bereits gerügte irrige Bestimmung der Bewegung (§. 3.). Denn jenes zugegeben, so wird keine Bewegung vorhanden sein kœnnen, wenn nicht ein Theil des Raumes verændert wird, und keine Ruhe,

wenn nicht alle Geschwindigkeit aufgehoben ist.

§. 19.

Eine Bewegung, die als das Resultat verschiedener anderer angesehen wird, die zu einander hinzugethan, oder von einander abgezogen, oder durch sonstige gegenseitige Beziehungen vereinigt wurden, heisst eine *zusammengesetzte* (motus compositus). Diese gründet sich also auf mathematische Behandlungsart, auf Betrachtungen der Verænderungen in den ræumlichen Verhæltnissen nach quantitativen Bestimmungen.

§. 20.

Da man in dem Gange der gegenwærtigen Untersuchungen auf die eigenthümlichen Kraftæusserungen, die erfodert werden, um das Bewegliche nach verschiedenen Richtungen zu treiben, oder an verschiedene Stelle eines Raumes zu versetzen, keine Rücksicht zu nehmen hat (§. 1.): so muss ohnstreitig eine jede

Bewegung nach Belieben als eine numerische Einheit, oder als die Summe mehrerer vereinigter Bewegungen angesehen werden kœnnen, sobald auch davon abgesehen werden kœnnte, dass jede eines eignen Spielraumes, oder eigner Grænzpunkte und eigner Zeitverhæltnisse bedarf.

§. 21.

Jede Wahrnehmung irgend einer Bewegung læsst es an und für sich unbestimmt, ob sich der Kœrper in einem ruhigen Raume bewege, oder ob dem letztern dieselbe Bewegung in entgegen gesetzter Richtung zuzuschreiben sei, indem der Kœrper ruhe. Dass man sich aber eine und dieselbe Thatsache auf eine solche zwiefache und zwar entgegen gesetzte Art vorstellen kann, kommt daher, weil sich über die Ruhe oder Bewegung, die einem materiellen Raume in Beziehung auf den ihn umgebenden grœssern zugeeignet werden soll, so lange nie

etwas bestimmen læsst, als die gegenseitigen Verhæltnisse der beiden Ræume nicht ebenfalls erkannt, oder vermittelt sind.

§. 22.

Dass es folglich auch allerwærts einerlei sei, ob ein beweglicher Punkt durch eine Bahn von irgend einer Grœsse geführt werde, oder der Raum sich durch dieselbe Bahn in entgegen gesetzter Richtung bewege, wird man als einen ausgemachten Grundsatz annehmen müssen, und die Schwierigkeit, die bei der Vereinigung mehrerer Bewegungen aus der Verschiedenheit ihrer Grænzpunkte und Zeitverhæltnisse entspringt (§. 20), hœret auf, und die Gründe sind einzusehen, warum jede Bewegung sowohl wie eine numerische Einheit, als auch wie ein Resultat anderer, die vereinigt werden, betrachtet, oder überhaupt der Grœsse nach konstruirt werden kœnnen.

§. 23.

Es gibt nur einen zwiefachen Grund, wodurch sich Bewegungen von einander unterscheiden lassen, ihre Richtungen næmlich und Geschwindigkeiten. Soll daher untersucht werden, wie eine Geschwindigkeit oder Bewegung aus mehrern andern entspringen, oder wie mehrere in Einer verbunden sein kœnnen, so kœnnen nur folgende drei Fælle in Betrachtung kommen:

Erster Fall. Die mit einander zu verbindenden Bewegungen oder Geschwindigkeiten haben einerlei Richtungen. Es sollen zum Beispiel zwei gleiche Bewegungen $a\ b$ und $b\ c$ Fig. 1. in einer und derselben Richtung einem Punkte zukommen. Man mag nun dieselben in einem relativen oder absoluten Raume denken, so wird man nicht begreifen, wie daraus eine andere in der Bahn $a\,c = 2\,a\,b$, oder $2\ b\ c$ erfolgen kœnne: Denn der Voraussetzung nach müssten die beiden einzel-

nen Bewegungen zugleich und nicht eine erst anfangen, wenn die andere schon vorüber, oder der Punkt an eine andere Stelle des Raumes versetzt ist. Allein man denke sich die Bewegung des Punktes im absoluten Raume mit der Geschwindigkeit $a\,b$, wæhrend der relative Raum in entgegengesetzter Richtung mit der Geschwindigkeit $b\,c$ bewegt wird, so gelangt der Punkt an die bestimmte Grænze des Raums mit der Summe der Geschwindigkeiten $a\,b + b\,c = 2\,a\,b = 2\,b\,c = a\,c$ (§. 22.), indem er in einer und derselben Richtung und in derselben Zeit durch die Bahn $a\,b + b\,c$ geführt wird. Folglich hat man bei allen Bewegungen, die nach einerlei Richtung verbunden werden sollen, die Summe ihrer Geschwindigkeiten zu suchen.

Zweiter Fall. Es sollen Bewegungen mit einander vereinigt werden, deren Richtungen einander entgegen gesetzt sind. Gesetzt, eine Bewegung, deren Geschwin-

digkeit $= a$ ist, soll einen Punkt rechts, und eine andere, deren Geschwindigkeit $= b$, soll ihn zu gleicher Zeit links führen. Auch diese Verbindung ist sowohl im absoluten als relativen Raume nicht gedenkbar. Nur auf die Weise kann sie statt haben, dass man sich den Punkt und den relativen Raum nach einerlei Richtung in Bewegung vorstellt, z. B. diesen nach rechts mit der Geschwindigkeit b, und jenen ebenfalls rechts und zwar im absoluten Raume mit der Geschwindigkeit a. Die Verhæltnisse des Punktes gegen den relativen Raum bleiben also gænzlich unverændert, d. i. er bleibt in Ruhe, wenn $a = b$, oder wenn die Geschwindigkeiten der entgegengesetzten Bewegungen einander gleich sind. Sind diese aber ungleich, so wird er nothwendig mit der Differenz von beiden nach der Richtung der grœssern bewegt werden.

Dritter Fall. Bewegungen sollen verbunden werden, deren Richtungen einen

Winkel unter sich einschliessen. Wenn ein Punkt in zwiefacher Richtung bewegt werden soll, wovon eine nach rechts die Geschwindigkeit *b c* Fig. 2, und die andere die Geschwindigkeit *a b* abwærts hat, so kann diese Verbindung ebenfalls nicht anders als vermœge des obigen Grundsatzes (§. 22.) konstruirt werden. Man stelle sich also vor, dass der Punkt mit der Geschwindigkeit *a b* abwærts im absoluten Raume, und zu gleicher Zeit der relative Raum mit der Geschwindigkeit *b c* links, oder dass der relative Raum mit der Geschwindigkeit *a b* aufwærts und zu gleicher Zeit im absoluten Raume der Punkt mit der Geschwindigkeit *b c* rechts bewegt wird, so wird in beiden Fællen die Bewegung des Punktes durch die Linie *b d* bezeichnet sein. Diese ist aber die Diagonale des Parallelogramms a b c d. Folglich drückt jene Linie immer die Richtung und die Geschwindigkeit der unter einem Winkel verbundenen Bewe-

gungen aus. Um sichs noch anschaulicher zu machen, nehme man eine viereckige Schreibtafel, die das Bild eines relativen Raumes vorstellen soll, bewege sie rechts, wæhrend eine Linie abwærts, oder bewege sie aufwærts, wæhrend eine Linie links, auf derselben gezeichnet wird, so wird in beiden Fællen die gezeichnete Linie eine und dieselbe Diagonale sein.

§. 24.

Die beiden Bewegungen, deren Richtungen einen Winkel einschliessen (§. 23. dritter Fall), heissen die *æussern*, und diejenige, die aus ihnen entspringt und die durch die Diagonale bestimmt wird, die *mittlere.*

§. 25.

Die mittlere Bewegung steht mit den æussern nothwendig in einem gewissen Verhæltnisse. Wenn daher aus ab, $2\,ab = Ab$ und aus bc, $2\,bc = bC$ werden, so muss man auch statt der Geschwindigkeit bd, $2\,bd = bD$ setzen.

Dass aber die mittlere Geschwindigkeit immer geringer sein müsse, als die Summe der beiden æussern, fællt in die Augen, indem die Summe zweier nicht parallelen Seitenlinien eines Parallelogramms immer græsser sein muss, als seine Diagonale.

§. 26.

Der Winkel, den die nicht parallelen Seitenlinien unter sich einschliessen, steht mit jenem im Verhæltnisse, den sie mit der Diagonale bilden. Oder die Geschwindigkeit der mittlern Bewegung ist desto græsser, je spitziger der Winkel ist, unter welchem die æussern Bewegungen zusammengesetzt sind. Diese verlieren næmlich am mehresten von ihrer Geschwindigkeit, wenn ihr Winkel 180° enthælt (§. 23. zweiter Fall). Wird aber dieser Winkel kleiner, so verringert sich auch die Entgegensetzung in demselben Verhæltnisse, und folglich auch der Verlust der Geschwindigkeit.

§. 27.

Sind drei oder mehrere Bewegungen, deren Richtungen nicht gerade entgegen gesetzt sind, sondern Winkel neben einander machen, zu verbinden: so wird die Bewegung, die aus ihrer Zusammensetzung entspringt, dadurch gefunden, dass man zuert von zweien die mittlere suchet, und diese als eine æussere ansieht, die man mit einer der übrigen verbindet u. s. w.

§. 28.

Man kann sich von jeder Bewegung die Vorstellung machen, als sei sie aus einer beliebigen Menge anderer erfolgt, die unter Winkeln mit einander verbunden waren. Denn jede Linie, wodurch eine Bewegung bezeichnet wird, so wie selbst die Seitenlinien eines Parallelogramms kœnnen Diagonalen sein, oder lassen sich als solche ansehen.

DER ALLGEMEINEN

NATURWISSENSCHAFT

ZWEITES HAUPTSTÜCK.

Die Kräftenlehre der Bewegung, Dynamik.

§. 29.

Die phoronomischen Untersuchungen blieben innerhalb der Grænzen reiner Anschauungen, und in Beziehung auf die Gegenstænde der Wahrnehmungen wurden blosse mathematische Verhæltnisse des Raumes und der Zeit betrachtet. Es ist aber leicht einzusehen, dass alle Verhæltnisse und Bedingungen, die in Ansehung der Art und Weise, wie man sich die Subsistenz jener Gegenstænde vorzustellen hat, dargethan werden, in den Gegenstænden oder in ihrem innern Selbst

begründet sein müssen. Daher hat die Dynamik das Geschæft, die Art und Weise zu bestimmen, wie ihre qualitativen Bestimmungen in einem selbststændigen Sein begründet sind.

§. 30.

Dass in der Dynamik, die Bewegungsfæhigkeit der Materie, die in der Phoronomie bereits in Ansehung ihrer angenommen ward, als eine wesentliche Bestimmung derselben anzusehen ist, braucht nicht erst erinnert zu werden. Allein sie wird nun nicht mehr einem blossen Punkte, oder einem im Anschauungsvermœgen konstruirten Raume zugeeignet, sondern einem selbststændigen Objekte, das vermœge eigener Handlungsweisen im Raume existirt. *Materie* ist demnach als ein Objekt anzusehen, dessen Raumverhæltnisse durch *Raumerfüllungen* begründet sind, und so wird jeder *erfüllte Raum Materie* genannt.

§. 31.

Um die Prinzipien und ihre Handlungsweisen, wodurch die Materie subsistirt, zu begründen, müssen vorerst alle ihre wesentlichen Bestimmungen in næhere Betrachtung gezogen werden. Es ist daher zu erwægen:

1) Ihre nach allen Dimensionen ihres Rauminhaltes ausgeübten Handlungen sind es, die auf alle gedenkbare Punkte desselben eine Beziehung mœglich machen.

2) Ihre Gegenwart in einem Raume ist Ausfüllung desselben, und es kann sich folglich so lange keine andere Materie in demselben einfinden, als er von ihr eingenommen ist.

3) Da sie beweglich ist, so haftet ihre Subsistenz keineswegs unbedingt an einem Raume; allein sie behauptet sich in demselben, d. h. sie widersteht jedem Eindringen in denselben, so lange, als sie ihn durch keine hinlængliche

æussere Einwirkung zu verlassen genœthigt ist.

§. 32.

Es wird in einen Raum eingedrungen, wenn Bewegungen dahin gerichtet sind. Diesen kann aber auch nicht anders, als durch Bewegungen in entgegen gesetzter Richtung, Widerstand geleistet werden. In so ferne demnach die Materie dem Eindringen in ihren Raum widersteht (§. 31.), oder Bewegungen gegen ihren ausgefüllten Raum aufhebt, müssen die Prinzipien, von welchen ihre Existenz abhængt, solche Aeusserungen begründen.

§. 33.

Ursache einer gewissen Handlungsweise heisst *Kraft*. Es sind also die Prinzipien, die zur Existenz der Materie erfoderlich sind, *bewegende Kræfte*, vermœge welcher in allen Punkten ihres Rauminhaltes ræumliche Erfüllungen bewirkt werden.

§. 34.

Die Aeusserungen der Kræfte, die Bewegungen hervorbringen, kœnnen von zwiefacher Art sein. Sie wirken næmlich

1) auf Annæherungen gegen einen gewissen Punkt. Ein wirkendes Prinzip solcher Art heisst *Anziehungskraft* (vis attractiva). Oder

2) auf Entfernungen von einer Stelle des Raumes. Das Prinzip einer solchen Aeusserung wird *Zurückstossungskraft* (vis repulsiva) genannt.

§. 35.

Ræumliche Erfüllungen sind ohne die Wirksamkeit der Zurückstossungskræfte unmœglich. Denn die bewegenden Kræfte, die das Eindringen in einen Raum verhindern (§. 32.), sind repulsiver Art. Es hat also jeder gedenkbare Theil der Materie zum Behufe seiner Subsistenz zurückstossungskræfte; und irgend eine Stelle im Raume, in welcher keine solche Kræfte wirkten, liesse sich, da kein Eindringen in denselben verhindert wære, ganz und

gar nicht als materiell ansehen, folglich kann eine solche auch nicht existiren: denn sie hat kein Uebergewicht über die geometrischen Ræume, die blos ideal, die nur Gegenstænde sind, die von unserm Vorstellungsvermœgen bestimmt werden.

§. 36.

Die Aeusserungen der Zurückstossungskræfte müssen ihrer Grœsse nach endlich sein, d. h., sie kœnnen jedem Eindringen in ihren Raum nur einen endlichen Widerstand leisten. Denn sie müssten offenbar mit unendlicher Geschwindigkeit (§. 15.) wirken, wenn ihre Wirkungen unendlich gross sein sollten. Allein alsdenn kœnnten sie keine Gegenstænde empirischer Anschauung, keine Gegenstænde, die beweglich oder nur irgendwo und irgendwann vorhanden sein sollen, begründen. Eben so wenig dürfen sie mit einer unendlich kleinen Geschwindigkeit wirken (§. 15.), weil alsdenn ihre

Wirkungen in endlichen Zeiten auf unendlich kleine Ræume beschrænkt wæren, und also abermals keine endliche Raumerfüllungen bewirken kœnnten.

§. 37.

Die endliche Wirksamkeit der repulsiven Kræfte læsst sich von verschiedenen Graden, oder von verschiedener Energie denken. Repulsionen von grœsserer Energie müssen den Raum anderer, deren Energie geringer ist, verændern, oder sie in einen kleinern Raum treiben kœnnen. Aber es kann keine repulsive Kraft in einen unendlich kleinen Raum eingeenget werden. Denn um sie dahin zu bringen, müssten Repulsionen von unendlicher Stærke, müssten Repulsionen mit mehr als endlicher Geschwindigkeit wirken, die aber, wie bereits dargethan worden, unmœglich sind (§. 36.).

§. 38.

Die Materie heisst in so ferne *durchdringlich*, als die Grœsse ihrer Ausdeh-

nung sich vermindern læsst (§. 37.). Diese Eigenschaft der Materie wird auch mit dem Namen der *relativen Durchdringlichkeit* belegt. Man sagt auch von der Materie, sie sei *undurchdringlich*, in so ferne der Raum ihrer Ausdehnung nicht ganz und gar aufgehoben werden kann (§. 37.), und es wird ihr in dieser Hinsicht die Eigenschaft der *relativen* oder *dynamischen Undurchdringlichkeit* beigelegt.

§. 39.

Materielle Dinge, deren ræumliche Grœssen sich nur unter der Bedingung vermindern sollen, dass *leere Zwischenræume* (vacuum disseminatum), die man auf gerathewohl in ihnen voraussetzt, verengert werden, heissen *mathematische Raumerfüllungen.* Sie sind den *dynamischen Raumerfüllungen* entgegen gesetzt, von welchen man sich vorstellt, dass ihre ræumlichen Verhæltnisse theils von der Wirksamkeit ihrer eignen, theils von der

Wirksamkeit der æusserlich einwirkenden Kræfte abhængen.

§. 40.

Eine absolute Undurchdringlichkeit der Materie ist eben so wenig einer vernunftmæssigen Vorstellungsart angemessen, als ihre absolute Durchdringlichkeit (§. 37.), und als die Annahme der leeren Zwischenræume (§. 35.). Mathematische Raumerfüllungen sind folglich unmœglich.

§. 41.

Es kœnnen indessen die Bewegungskræfte, worauf sich die Existenz der Materie einzig und allein gründen kann, keinesweges bloss repulsiver Art sein. Es kann wohl eine Kraftæusserung, die in einem blossen Widerstande gegen Annæherung besteht, Ræume füllen. Allein volle Ræume sollen als bleibende Vorwürfe, als Gegenstænde einer mœglichen Wahrnehmung, die Beharrlichkeit karakterisirt, subsistiren; jene Kræfte hinge-

gen, die allerwærts und unaufhœrlich auf gegenseitige Entfernungen wirken, vernichten in jedem Momente, was sie in dem vorherigen gewirkt haben. Wie soll irgend ein Gegenstand, seinem Dasein und andern bestimmten Verhæltnissen nach, Permanenz haben kœnnen, wenn dieselben Aeusserungen, wodurch er besteht, mit ihrer Dauer zunehmen, und die Grœsse ihrer Aeusserungen in Ermangelung eines anderweitigen Widerstandes sich bis ins Unendliche vervielfæltigen kann. Man nehme an, dass eine Menge von Repulsionen M in einem beliebigen Raume S wirke, und denselben in T Zeit ausfülle. Dauren diese Wirkungen $2\ T$, so wird ohnstreitig mit dem Abflusse dieser Zeit nur $\frac{M}{2}$ in dem Raume S vorhanden sein; und so müssen sich die Repulsionen in jedem Raume, den sie erfüllen sollen, unaufhœrlich vermindern, bis sie einander zerstreuet haben. Es læsst sich folglich bei dem Gegeneinanderwir-

ken jener Kræfte kein vorstellbarer Grund der Existenz individueller Gegenstænde angeben. Aber auch ihr Zusammentreffen in einzelnen Ræumen, wenn man sie gleich so wohl in Ansehung ihrer Quantitæt als Qualitæt, oder ihrer Energien noch so sehr verschieden annæhme, kœnnte nichts anders als einen unendlich mannigfachen Wirbel unvorstellbarer Wirkungen hervorbringen, und man wird alle Anstrengungen der Einbildungskraft umsonst aufbieten, um auf dieselben die Individualitæt oder etwa die qualitative Verschiedenheit der wahrnehmbaren Objekte zu gründen.

§. 42.

Ist demnach mit den Wirkungen, die die sich selbst überlassenen Repulsionen nur immer hervorbringen mœgen, keine vorzustellende Begründungsart der Materie vereinbar, so muss eine ihnen entgegen gesetzte Handlungsweise, das ist, die Wirksamkeit einer hemmenden Kraft, in

jedem Grade ihrer Bestrebung zur Ausdehnung, Beschrænkungen und überhaupt in jeder ihrer Aeusserungen bestimmte Richtungen hervorbringen.

§. 43.

Die zweite Grundkraft, oder ursprüngliche Bewegungskraft, welche Hemmungen in allen Aeusserungen der Zurückstossungskræfte zu wirken, und mit dieser in Verbindung, die Existenz der Materie zu begründen, vermœgend sein soll, kann, wie es sich wohl von selbst versteht, keine andere sein, als eine *ursprüngliche Anziehungskraft* (§. 34.). Nur die vereinigte Thætigkeit beider Kræfte ist es also auch, woraus sich ræumliche Erfüllungen als Gegenstænde der Wahrnehmungen begreifen lassen müssen.

§. 44.

Wenn aber Anziehungskræfte und Repulsionen allerwærts mit gleicher Stærke oder Energie wirken, die eine eben so zur Ausdehnung, als die andere zur An-

næherung, so ist diess eine Zusammensetzung gleicher Bewegungen in entgegen gesetzten Richtungen (§. 23. zweiter Fall), die einander aufheben; ihre Aeusserungen wæren also $= o$, und keine reale Wirkungen auf irgend eine Weise mœglich. Nur alsdann, wann man in den Aeusserungen jener Kræfte eine wechselsweise Hemmung annehmen kœnnte, würde jeder Andrang zur Thætigkeit produktiv, und reale Wirkungen im Verhæltnisse der Kraftæusserungen würden mœglich sein.

§. 46.

Eine Kraftæusserung, deren Wirkungen nicht für sich allein, oder unmittelbarer Weise wahrzunehmen sind, heisst eine *gebundene*, und jeder Akt einer solchen Wirkungsart wird *Bindung* genannt. Sie wird *entbunden*, wenn sich ihre Wirkungsweisen dergestalt verændern, dass sie dem Wahrnehmungsvermœgen weniger entgehen kann, und eine Verænderung dieser Art führt den Na-

men *Entbindung*. *Ueberschüssig* ist ein hœherer Grad ihrer Entwickelung, in welchem sie vorzüglich geneigt sein muss, Bindungen einzugehen.

§. 46.

Bindungen kœnnen offenbar nur unter solchen Kraftæusserungen statt finden, die heterogener Art, oder die einander entgegen gesetzt sind. Das, was sie zu gegenseitigen Einigungen geneigt macht, heisst *Rezeptivitæt* oder *Empfænglichkeit*.

§. 47.

Die beiden ursprünglichen Kræfte (§. 43.) kœnnen die Subsistenz der Materie begründen, wenn in ihnen eine für die Aufnahme gegenseitiger Einwirkungen bestimmte Empfænglichkeit vorhanden ist, vermœge welcher sie in Verbindung wirken. Es müssen daher beide Kræfte einander wechselseitig das Substrat liefern, in dessen Empfænglichkeit für den Einfluss der andern der Grund zu suchen ist, dass die einer jeden eigne

Kraftaeusserung gebunden werden, ihre Wirkungen einander beschrænken, und eben dadurch positive Grade derselben subsistiren kœnnen.

§. 48.

Die Materie subsistirt demnach auf keine andere Weise als durch *Vertheilung* der ursprünglichen Kræfte. Weil sich næmlich die ganze Energie ihrer ursprünglichen Thætigkeit nicht an einer und eben derselben ungetheilten Stelle des Raumes æussern kann, wenn nicht die Mœglichkeit ihrer realen Wirkungen aufgehoben werden soll: so lassen sich keine andere als solche Kraftæusserungen denken, die nach jeder vorstellbaren Richtung überschüssig, und vermœge ihrer Rezeptivitæten für die Aufnahme entgegen gesetzter Wirkungen in Bindungen begriffen sind. Man muss sich folglich eine solche Mannigfaltigkeit thætiger Aeusserungen, oder Bindungen in jeder beliebigen Menge Materie vorstellen, als

sich in derselben, zufolge der vorstellbaren unendlichen Theilbarkeit eines jeden Raumes, mannigfache ræumliche Beziehungen oder neben und ausser einander befindliche Theile denken lassen.

§. 49

Substanz nennt man, was in den Gegenstænden der Wahrnehmungen, oder Erscheinungen keinem Wechsel unterworfen, oder beharrlich ist. Das aber ist selbststændig, oder wechselt nicht, was den Grund seiner Wirklichkeit lediglich in sich selbst, nicht ausser sich hat. Was also in den empirischen Anschauungen durch selbststændige Aeusserungen begründet, oder vorhanden, und keine Bestimmung ist, die irgend einem Subjekte zukommt, ist Substanz. Folglich jeder bewegliche, erfüllte Raum, jede Materie, und alles, was in Ræumen ausser einander, oder neben einander existirt, oder durch thætige Prinzipien, dem Eindringen in seinen Raum widersteht, ist Substanz.

§. 50.

Da sich die Prinzipien der Raumerfüllungen bis auf die vorstellbaren unendlich kleinen Theile des Raumes verbreiten müssen, so müssen immer dieselben Substanzen, dieselben beweglichen Materien bleiben, wenn man ihre Theile von einander trennte, selbst wenn eine Theilung derselben bis ins unendliche fortgesetzt würde. Eine jede Materie ist folglich bis ins unendliche *physisch theilbar*, in keinem ihrer gedenkbaren Theile kann die Theilbarkeit aufhœren, oder kein Theil kann einfach, oder untheilbar sein.

§. 50.

Jede Materie kann in der Art ihrer Subsistenz Verænderungen erleiden, wenn sich das Verhæltniss ihrer einander bindenden Kræfte verændert. Denn da die gebundenen und überschüssigen Anziehungen und Repulsionen, die sich in jedem vorstellbaren Theile der Materie befinden, von einer gewissen Grœsse sind: so

müssen sie in Verbindung mit andern, in welchen Rezeptivitæten für sie vorhanden sind, in andere Akte von Bindungen und Entbindungen eintreten. Wæhrend sich also ein Theil ihrer Kraftæusserungen entbindet, wird ein anderer gebunden werden, und so kann jede Stufe einer Bindung und Entbindung vermehrt, oder vermindert, oder vœllig aufgehoben werden. Folglich besteht eine Stufenreihe in den Bindungen und Entbindungen der ursprünglichen Kræfte, mit deren Verænderungen auch ihre Wirkungen, das ist, die Materie selbst verændert werden muss.

§. 52.

Jeder hœhere Grad von Bindung ist demnach eine næhere Einigung der Elementaraktionen, oder der ursprünglichen Kræfte, wodurch sie enger und enger zusammentreten. Daher kœnnen Materien Bestrebungen æussern, statt aussereinander zu existiren, in einander einzudringen; und

je mehr sie sich zufolge ihrer gegenseitigen Rezeptivitæten bestreben, in einander zu fliessen, oder einander zu intussuszeptiren, desto mehr müssen ihre Ræume sich vermindern.

§. 53.

Es sind also überhaupt die Bindungsakte der ursprünglichen Kræfte, wovon es abhængt, ob eine Raumerfüllung des Inbegriffes aller Materien in ihren Aeusserungen mehr oder weniger verændert wird. Folglich sind alle eigenthümliche Wirkungen eines jeden Zeitmoments für nichts als für Erfolge der ununterbrochenen Reihe von Bindungen und Entwickelungen jener Kræfte anzusehen.

§. 54.

Man ist sonst und noch bis diesen Augenblick sehr hæufig mit der Meinung *Leucipps* und *Demokrits* einverstanden gewesen, die alle materielle Dinge aus begrænzten, untheilbaren, oder absolut undurchdringlichen Elementen, oder Kœr-

perchen bestehen liessen. Solche ursprüngliche Materien führen noch den Namen *Atome*, den sie von ihren ersten Erfindern erhalten haben, und ihre Zusammensetzungen sollen dadurch Erzeugnisse verschiedener Natur hervorbringen, dass sie theils ihrer Grœsse nach verschieden sind, theils auch in ihrer Verbindung leere Zwischenræume von mancherlei Grœsse und Gestalt bilden. Man nennt diese Lehrmeinung die *Atomistik*, *das atomistische System*, die *mechanische Naturphilosophie*, oder auch die *Korpuskularphilosophie.* Es ist aber jede Mühe vergebens angewendet, um das Zwecklose und Ungereimte dieses Systems zu verbergen. Denn man kann leeren Ausdehnungen nie eine reale Existenz verschaffen (§. 40.). Es ist ein hülfloses Vorgeben, eine hülflose Voraussetzung, dass kleine Kœrperchen sich neben einander befinden, wenn die wahrnehmbaren Objekte, der Art ihrer Subsistenz nach, bestimmt

werden sollen ; und ist endlich eine absolute Undurchdringlichkeit und Untheilbarkeit in der Materie undenkbar (§. 37-40. und §. 50.), so gibt es doch wohl in dieser Rücksicht für Atome, etwa ihrer Kleinheit wegen, keine Ausnahmen. Folglich sind Atome und die grœsseren Kœrper, die aus ihren Zusammensetzungen entspringen sollen, für nichts als Undinge anzusehen.

DER ALLGEMEINEN

NATURWISSENSCHAFT

DRITTES HAUPTSTÜCK.

Die Grössenlehre der Bewegungskräfte, Arithmologie.

§. 55.

Das Quantum der gebundenen ursprünglichen Bewegungskræfte nennt man *Quantitæt der Materie*, oder *Masse.* Diese oder die Summe der gebundenen Bewegungskræfte steht also in geradem Verhæltnisse mit den Bindungsakten (§. 52.), und im verkehrten Verhæltnisse mit der Summe der überschüssigen Bewegungskræfte.

§. 56.

Ruhe, die aus gleichen, in entgegen gesetzten Richtungen wirkenden, Bewegungskræften entspringt, heisst *Gleichgewicht.*

§. 57.

Jede Materie ist offenbar als ein System von Bewegungskræften anzusehen, deren Aeusserungen im Zustande des Gleichgewichtes sind. Aber die Mœglichkeit desselben kann nur darauf beruhen, dass keine Neigungen zu hœheren Bindungen (§. 52.) statt finden: weil die Anziehungen, die durch jeden Bindungsakt in den einzelnen Theilen überschüssig werden, sich verkehrt wie ihre überschüssigen Repulsionen verhalten. Je mehr demnach mit jedem gedenkbaren Erzeugnisse einzelner Bindungen in einzelnen Theilen (§. 48.), Zurückstossungskræfte überschüssig werden, desto weniger Anziehungen kœnnen in denselben überschüssig sein. Wenn sich aber gleichwohl die gebundenen Anziehungen in jeder Masse wie die gebundenen Repulsionen verhalten müssen, und in jeder Materie überhaupt ein gleiches Quantum zurückstossender und anziehender Kræfte wirken soll: so ist dieses nur dadurch

mœglich, dass sich die Summe der überschüssigen Anziehungskræfte aller Theile einer jeden Materie zusammen genommen, wie die Summe der überschüssigen Repulsionen, und wie die Massen verhælt. Die Mœglichkeit des letztern wird in der Folge (§. 67.) dargethan werden.

§. 58.

Ursprüngliche, oder *absolute Elastizitæt* nennt man die vermittelst der ursprünglichen Kræfte bewirkte Ausdehnung einer jeden Materie. Vermœge derselben setzt jede Materie zusammendrückenden Kræften Widerstand entgegen. Die Grœsse eines solchen Widerstandes führt den Namen der *spezifischen*, oder *eigenthümlichen Elastizitæt.* Die absolute Elastizitæt steht also im geraden Verhæltnisse mit der Menge der materiellen Theile oder mit der Masse, die spezifische hingegen im verkehrten Verhæltnisse mit den gebundenen ausdehnenden Kræften sowohl als mit den gebundenen Anzie-

hungen, und eben so im verkehrten Verhæltnisse mit den Bindungsakten, und mit der Masse (§. 52 und 55.).

§. 59.

Das Verhæltniss des Rauminhaltes oder des Umfanges (volumen) einer Materie zu ihrer Masse nennt man *Dichtigkeit.* Heissen die Dichtigkeiten zweier Materien D, d, ihre Umfænge V, v, ihre Massen M, m, so entstehen folgende Verhæltnisse:

1) $D : d = M : m$; d. i., die Dichtigkeiten zweier Materien, deren Umfænge gleich sind, verhalten sich wie ihre Massen.

2) $D : d = v : V$; d. i., die Dichtigkeiten zweier Materien, deren Massen gleich sind, verhalten sich verkehrt wie ihre Umfænge.

3) $D : d = Mv : mV = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$; d. i., die Dichtigkeiten der Materien verhalten sich überhaupt, wie die Produkte ihrer Massen in die verkehrten Umfænge, oder wie die Quotienten der Massen durch die

Umfænge; und folglich die Dichtigkeiten sphærischer Massen wie die Quotienten der Massen durch die Würfel ihrer Halbmesser. Hieraus ergibt sich

4) $V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}$; d. i., die Umfænge verhalten sich wie die Quotienten der Massen durch die Dichtigkeiten, und endlich

5) $M : m = D\,V : d\,v$; d. i, die Massen verhalten sich wie die Produkte aus den Dichtigkeiten in die Umfænge.

§. 60.

Da sich die Dichtigkeiten wie die Massen (§. 59. N.° 1.), und diese sich wie die gebundenen Kræfte verhalten (§. 55.), deren Grœssen auf mannigfache Weisen begrænzt sind: so ist kein Maximum, noch Minimum der Dichtigkeit in irgend einer Materie mœglich.

§. 61.

Man unterscheidet eine zwiefache Art der *Berührung*; die eine ist die *mathematische*, die andere die *physische*. Jene be-

steht in dem Zusammenstosse geometrischer Ræume, die næmliche gemeinschaftliche Grænzen haben, und also einander nicht durchschneiden. Um aber von Materien sagen zu kœnnen, dass sie einander berühren, müssen die Aeusserungen ihrer Ausdehnungskræfte, oder ihrer absoluten Elastizitæt in gemeinschaftlichen Grænzen statt finden, so dass die Materien durch keinen Mittelraum getrennt sind. Dieses ist die physische Berührung.

§. 62.

Eine Kraft, deren unmittelbare Aeusserungen in der physischen Berührung ihre Grænzen haben, heisst eine *Flæchenkraft*; eine solche hingegen, die über die physische Berührung, d. i. in die Ferne unmittelbar wirkt (actio in distans), heisst eine *durchdringende Kraft.*

§. 63.

Die Zurückstossungskræfte, in deren wechselsweisen Wirkungen die physischen Berührungen ihren Grund haben (§. 61.),

sind offenbar Flæchenkræfte, und es leidet keinen Zweifel, dass unmittelbare Wirkungen derselben in die Ferne ganz und gar nicht statt finden; aber gleichwohl mittelbare, die sich gerade wie ihre unmittelbaren verhalten. Man denke sich zum Beispiel in der Reihe von Punkten *y* *z* *a* *b* *c* repulsive Kræfte, so sind mit den unmittelbaren Wirkungen der Kraft *a* auf *b* und *z* in jedem ihrer Grade, gleiche gegenseitige mittelbare Aeusserungen sowohl in *z* und *b* als in *y* und *c* verbunden.

§. 64.

Es verhalten sich aber die Wirkungen der Zurückstossungskræfte überhaupt verkehrt wie der kœrperliche, oder der kubische Rauminhalt ihrer Verbreitung. Je grœsser næmlich die Kubikgrœsse des Raumes ist, in welchem eine und dieselbe Menge repulsiver Kræfte ihr Ausdehnungsvermœgen æussert, desto schwæ-

cher sind ihre Wirkungen in allen Punkten des Raumes und umgekehrt.

§. 65.

Verhalten sich die Seitenlinien zweier Würfel, in welchen eine gleiche Quantitæt repulsiver Kræfte wirksam ist, wie $1:d$, so werden ihre Wirkungen nothwendig allen Punkten der Würfel wie $d^3 : 1$, oder wie $1 : \frac{1}{d^3}$ sein. Setzen wir in gleicher Rücksicht 1 und d als Halbmesser von Kugelflæchen, so wird in allen ihren Theilen die Grœsse der Kraftæusserung wie $1 : \frac{1}{d^3}$ sein. Der Bruch $\frac{1}{d^3}$ wird kleiner, so wie sein Nenner, oder die Würfelseiten, oder die Kugelflæchen an Grœsse zunehmen; allein er kann nie $= o$ werden, so lange d eine endliche Grœsse ist. Das heist, die Aeusserung der Zurückstossungskraft kann unaufhœrlich oder bis ins Unendliche verringert, aber nie vernichtet werden.

§. 66.

Wenn der Halbmesser eines sphæri-

schen Raumes, worin man sich eine Quantitæt repulsiver Kræfte $= 1$ wirksam vorstellt, $= d$ ist, so wird in jedem vorstellbaren Theile dieses Raumes das zurückstossende Wirkungsvermœgen $= \frac{1}{d^3}$ sein. Man kann nun für die æusserste Kugelschale oder Kugelflæche d^2 setzen, weil diese sich wie das Quadrat ihres Halbmessers verhælt, und folglich hat dieselbe ein wirksames Ausdehnungsvermœgen $= d^2 . \frac{1}{d^3} = \frac{1}{d}$. Man denke sich jetzt jene Quantitæt repulsiver Kræfte in einer kugelfœrmigen Materie von gleichem Rauminhalte, so wird selbst in jeder kleinern sphærischen Schichte derselben das Ausdehnungsvermœgen $= \frac{1}{d}$ sein, weil die Repulsionen durch ihre gegenseitigen mittelbaren Aeusserungen (§. 63.) einander das Gleichgewicht halten müssen.

§. 67.

Die Anziehungskraft ist in ihren Aeusserungen durchdringend, sie muss næmlich als eine durchdringende Kraft (§. 62.)

angesehen werden. Denn in jedem ihrer ursprünglichen Bindungsakte muss sie in dem Innern einer für sie empfænglichen Repulsion und zugleich innerhalb der Grænzen anderer wirken, oder subsistiren. So wie aber ihre Aeusserungen überhaupt über einzelne Rupulsionen, in welchen sie Annæherungen bewirket, hinausgehen, eben so kann auch kein Mittelraum, von was für einer Grœsse er auch sein mag, die Momente der in allen gedenkbaren Theilen der Materien überschüssigen Anziehungsæusserungen erschœpfen oder vernichten. Die Anziehungskraft wirkt also über alle ræumliche Grænzen hinaus, sie ist ins unendliche durchdringend wirksam. Daher kommt es auch, dass die überschüssigen Anziehungskræfte sich wie die gebundenen, oder überschüssigen Zurückstossungskræfte, und wie die Massen verhalten (§. 57.).

§. 68.

Die überschüssige Anziehungskraft

heisst *Gravitation*, in so ferne ihre Wirkungen unter allen im ganzen Weltraume vorhandenen Materien, sie mœgen noch so weit von einander entfernt sein, thætige Verbindungen hervorbringen. Das Bewegungsvermœgen, das nach den Richtungen und Aeusserungen der überwiegendsten Gravitation bewirkt wird, heisst *Schwere*.

§. 69.

In jeder Masse sind ohnstreitig die Aeusserungen der Anziehungskræfte jener Theile, die man sich im Mittelpunkte vorstellen kann, gegen jeden gedenkbaren Theil in gleichen Entfernungen von gleicher Grœsse. Allein es ist ihre Intensitæt grœsser als die Intensitæt der Anziehung eines jeden vom Mittelpunkte entfernten Theils: *erstens*, weil dieser den Theilen an den Grænzen von einer Seite næher, und *zweitens*, weil er von allen Theilen der entgegen gesetzten Seite entfernter ist. Hieraus folgt, dass die

Intensitæt der überschüssigen Anziehungskræfte aller Materien im Verhæltnisse der Quadrate ihrer Entfernungen vom Mittelpunkte verringert wird. Es verhalten sich aber auch die Anziehungskræfte wie die Massen (§. 57 u. 67). Folglich verhælt sich die Gravitation überhaupt wie die Quotienten der gegen einander gravitirenden Massen durch die Quadrate des Raumes, um welchen ihre Mittelpunkte von einander entfernt sind.

§. 70.

Ist die überschüssige Anziehungskraft einer sphærischen Masse, deren Halbmesser $= d$ ist, im Ganzen $= 1$: so ist $\frac{1}{d^2}$, oder der Quotient vom Quadrate der Entfernung aller æussersten Theile vom Mittelpunkte in 1, das Anziehungsvermœgen, das in allen gedenkbaren Theilen der Kugelflæche wirksam ist. Es würde dasselbe vermindert werden, so wie die Kugel an Ausdehnung zunæhme; kann aber nie vernichtet werden, so lange d eine endliche Grœsse ist.

§. 71.

Wenn zwei gleiche Massen, deren Umfænge sich wie 1 : d^3 verhalten, von einer und derselben anziehenden Kraft angezogen werden: so wird sich das Anziehungsvermœgen, mit welchem auf gleich entfernte Theile gleichen Umfanges beider Materien gewirket wird, wie d^3 : 1, oder wie 1 : $\frac{1}{d^3}$ verhalten. Hier kann ebenfalls der Bruch nie = 0 werden, so lange d eine endliche Grœsse ist.

§. 72.

Setzt man 1 für das thætige Anziehungsvermœgen einer sphærischen Masse, deren Halbmesser = d ist, so sind die wechselsweisen Anziehungen aller gedenkbaren Theile derselben unter einander = $\frac{1}{d^3}$. Setzen wir wiederum für die Kugelflæche d^2, so sind die Aeusserungen der Anziehungen in derselben = d^2. $\frac{1}{d^3} = \frac{1}{d}$. Aber auch ein gleiches Wirkungsvermœgen wird ohnstreitig jede gedenkbare Schichte oder Kugelschale mit

der andern verbinden. —— Ist also mit den Wirkungsweisen der anziehenden und zurückstossenden Kræfte die nothwendige Folge verbunden, dass eine gleiche Quantitæt einer jeden reale Wirkungen von gleicher Energie in gleichen Ræumen bewirken: so kœnnen wohl der Begründungsart der Materie durch ein System solcher ursprünglichen Bewegungskræfte (§. 57.) keine Schwierigkeiten ferner entgegen gesetzt werden, und es wære demnach die Art und Weise der Subsistenz materieller Gegenstænde unwidersprechlich dargethan.

DER ALLGEMEINEN

NATURWISSENSCHAFT

VIERTES HAUPTSTÜCK.

Die Lehre der Mittheilung der Bewegung, Mechanik.

§. 73.

Bewegungen sind auf eine zwiefache Weise in der Materie mœglich, sie sind næmlich entweder *innere* oder *æussere.* Die innere Bewegung der Materie ist von der Verænderung des Zustandes ihrer Bindungsakte abhængig, wæhrend welcher alle gedenkbare Theile einer Materie in andere Reihen von Raumverhæltnissen unaufhœrlich unter einander versetzt werden, die von ihren vorherigen auf die mannigfachste Weise verschieden sind. Eine æussere Bewegung hingegen nennt man eine solche, die mit

keiner andern Verænderung der Materie verbunden ist, so dass alle ihre Theile sie auf eine und dieselbe Art æussern, und auch andere Materien in eine gleiche Bewegung versetzen, oder sie denselben *mittheilen* kœnnen. Die gegenseitigen Verhæltnisse der materiellen Theile bei einer Bewegung ersterer Art heisst eine *dynamische*, und bei einer Bewegung der zweiten Art, eine *mechanische Kausalverbindung*.

§. 74.

Stoss ist die Mittheilung einer Bewegung, die durch zurückstossende Kræfte, und *Zug* diejenige, die durch anziehende Kræfte bewirkt wird.

§. 75.

Aber bloss durch die Subsistenz der Materie nach dynamischen Grundprinzipien gibt es eine Mœglichkeit mechanischer Kausalverbindungen. Es ist næmlich nur alsdann mœglich, dass Materien einander stossen, oder ziehen, wann

analoge Craftæusserungen in der Materie ursprünglich existiren. Denn, um aus einem Raume verdrængt werden zu kœnnen, muss dem Eindringen in denselben Widerstand geleistet werden; und was in einen Raum eindringt, wirkt selbst nicht anders als repulsiv. Eben so würde auch die Materie ohne ursprünglich anziehende Kræfte weder zur Annæherung angetrieben zu werden, oder einem Zuge zu folgen, noch einen Zug zu bewirken, vermœgend sein.

§. 76.

Es gibt indessen keine Verænderungen der Materie, die nicht schlechterdings Erfolge ihrer eingegangenen Kausalverbindungen wæren. Nur von diesen hængen ihre jedesmaligen Bestimmungen ab; sie bestimmen ihren jedesmaligen Zustand, jede Art ihrer Ruhe, jede Art ihrer Bewegung, und in dieser jede Verschiedenheit oder jede Abænderung der Richtung und Geschwindigkeit. Es heisst

dieses mit andern Worten, die Materie ist in allen ihren Aeusserungen an den Zustand ihrer Bewegungskræfte gebunden, und in was für einen Zustand sie auch durch dieselben versetzt werden mag, so muss sie darin beharren, bis andere Kausalverbindungen ihn verændern. Dieses ist das *Gesetz der Trægheit* (lex inertiæ).

§. 77.

Die Trægheit ist also der Materie vermœge der Art und Weise ihrer Subsistenz eigenthümlich, sie beschrænkt das Wirkungsvermœgen der Materie auf die wirkenden Bewegungskræfte, die ihr zuTheile geworden sind. Und eben diese Beschrænkung wird vermittelst des Begriffes der Trægheit auf die angemessenste und unzweideutigste Weise ausgedrückt. Fælschlich haben daher mehrere Naturforscher positive Bestimmungen mit jenem Begriffe verbunden geglaubt. Manche haben næmlich die Trægheit mit

Gegenwirkungen, oder mit der Undurchdringlichkeit für einerlei gehalten, und andere haben sogar unter dem Begriffe der Trægheit eigne Kraftæusserungen in der Materie angenommen, vermœge welcher sie ihren Zustand zu behaupten, oder auch zu verændern strebe. Es ist schlechterdings nicht einzusehen, wie man positive Bestimmungen mit jenem Begriffe verbinden konnte. Aber auch eben so wenig læsst sich begreifen, wie man den Wirkungskreis der Materie erweitern zu dürfen glaubte, um sie ein ihren raumerfüllenden Kræften fremdes Vermœgen æussern zu lassen. Wenn man sich indessen bei allem dem gleichwohl verleiten læsst, in der Materie solche Bestimmungsgründe zu suchen, und auf solche Art Naturgesetze an den Wahn des Hylozoism anknüpfet: so führt kein Weg mehr zu Naturerkenntnissen zurück, so gibt es nimmermehr eine Stütze für ein Lehrgebæude der Naturwissenschaft,

weil die Mœglichkeit der Grœssenbestimmungen materieller Aeusserungen ein für allemal aufhœren muss.

§. 78.

Keine Verænderung der Materie kann ein Dasein, oder eine Zernichtung irgend einer andern zuwege bringen, oder der gesammte Inbegriff aller vorhandenen Materien muss bei allen Verænderungen ihrer dynamischen und mechanischen Kausalverbindungen, der Quantitæt nach immer einerlei bleiben, kann weder vermehrt, noch verringert werden. Denn jede Materie ist als Substanz (§. 49.), gleich ihren Grundprinzipien, dem Dasein nach unwandelbar. Folglich kann keine Kausalverbindung der Materien mit einem Wechsel ihrer Quantitæt verbunden sein. Daher ist jede wahrnehmbare Verænderung der Materie auf eine Verænderung in der Art ihrer Subsistenz gegründet, sie ist ein Wechsel ihrer Zustænde, der selbst nichts anders, als ir-

gend eine Abænderung in ihren Kausalverbindungen ist. Dieser Lehrsatz heisst dass *Gesetz der Selbststændigkeit* (lex subsistentiæ).

§. 79.

Grœsse der Bewegung (Quantitas motus) nennt man das Wirkungsvermœgen einer Materie in ihren æussern Bewegungen (§. 73.), und in Beziehung auf dasselbe nennt man *Masse* diejenigen materiellen Theile, die an der Wirkung selbst einen direkten oder unmittelbaren Antheil haben. So zersprengt z. B. das bewegte Wasser in Masse einen Wasserhammer. Allein je mehr Luft in der glæsernen Rœhre enthalten ist, die die bewegten Wassertheilchen von einander absondert, und dadurch verhindert, dass dieselben nicht in Masse von einem innern Ende der Rœhre gegen das andere stossen, desto geringer wird ihre Wirkung; und diese ist endlich kaum

noch bemerkbar, wenn die in der Rœhre enthaltene Luft ziemlich betræchtlich ist.

§. 80.

Die Grœsse der Bewegung steht so wohl mit der Masse, als mit ihrer Geschwindigkeit im Verhæltnisse. Nennt man also die Grœssen der Bewegungen Q, q, die Massen M, m, ihre Geschwindigkeiten C, c: so ist

1. $Q : q = M : m$, das ist, die Grœssen der Bewegungen zweier Materien verhalten sich wie die Massen, wenn die Geschwindigkeiten gleich sind.

2. $Q : q = C : c$, das ist, die Grœssen der Bewegungen zweier Materien, deren Massen gleich sind, verhalten sich wie die Geschwindigkeiten; und folglich

3. $Q : q = MC : mc$, dass ist, die Grœsse der Bewegung verhælt sich überhaupt, wie das Produkt der Masse in die Geschwindigkeit. Hieraus folgt, dass $Q = q$, wenn $MC = mc$, oder wenn $M : m = c : C$, d. i., die Grœssen zweier Bewegungen

sind einander gleich, wenn die Massen sich verkehrt, wie die Geschwindigkeiten verhalten.

§. 81.

Man kann die Quantitæt der Materien auf keine andere Art bestimmen, als durch die Verhæltnisse der Græssen ihrer Wirkungsvermœgen, wenn sie mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt werden. Denn die Bindungsstufen, von welchen die Menge der in einem Raume enthaltenen materiellen Theile abhængig ist (§. 55.), sind durchaus keiner numerischen Bestimmung fæhig (§. 48.). Jede Materie aber, als ihr Erzeugniss betrachtet, ist gleich dem Raume, den sie einnimmt, bis ins unendliche theilbar (§. 50.). Folglich ist die Græsse ihres Wirkungsvermœgens es einzig und allein, wodurch eine Schætzung ihrer Quantitæt mœglich ist, wenn die Geschwindigkeit, mit welcher sie in Bewegung gesetzt worden, bekannt ist. Denn ist $C = c$, so ist

$M:m = Q:q$ (§. 80. N.° 1.). So sucht man im gemeinen Leben vermittelst der Wage und der Gewichte gleiche Bewegungsgrœssen zu bewirken, um die Verhæltnisse der Massen zu bestimmen. Denn man setzt mit Grunde zum voraus, dass die Geschwindigkeit, mit welcher ihre Schwere wirkt, an und für sich selbst unverænderlich ist, was für eine Quantitæt materieller Theile durch dieselbe bewegt werden mag.

§. 82.

Es ist keine Wirkung der Materie ohne Gegenwirkung mœglich. Denn besteht die Wirkung in einer Verænderung der Materie in ihrer dynamischen Subsistenz, so erfolgt sie nicht anders als durch Bindungen einander entgegen gesezter Kraftæusserungen; ist sie aber mechanischer Art, so ist ihr Erfolg durch die Verhæltnisse der einander widerstehenden, oder der einander entgegen gesetzten Bewegungsgrœssen bestimmt.

§. 83.

Da jede Wirkung der Materie von æussern Einwirkungen abhængig ist, und folglich auch ihre Gegenwirkungen diesen gemæss sein müssen: so müssen diese als Wechselwirkungen angesehen werden, d. h., Wirkungen und Gegenwirkungen der Materien, sind jederzeit einander gleich (lex antagonismi). Die Bewegungen næmlich, die aus dem Widerstande oder aus der Wechselwirkung einer Materie und aus den Wirkungen der andern erfolgen sollen, müssen so wie sie nach phoronomischen Lehrsætzen (§.22 und 23.) mit einander verbunden werden kœnnen, betrachtet werden. Man denke sich also eine Masse *M* sei mit der Geschwindigkeit *C* gegen eine andere ruhende *m* nach links im Anlaufe. Man muss sich nun die Bewegung der Masse *M* mit dem Wirkungsvermœgen *M C* im absoluten Raume vorstellen; und die Gegenwirkung, die von *m* ausgeübt wird, auf

die Art, dass sie, samt dem relativen Raume mit demselben Wirkungsvermœgen $M\ C$ rechts entgegen rücke, weil gerade in dieser Wirkungsweise ihr Widerstand besteht. Die gleich grossen Wirkungsvermœgen $M\ C$ beider Massen heben nothwendig einander auf. Allein der relative Raum bleibt mit dem Wirkungsvermœgen $M\ C$ nach rechts in Bewegung, das heist, M und m bewegen sich links mit der Geschwindigkeit $\frac{M\ C}{M + m}$. In dieser Wirkung ist also die Materie M zufolge ihres Wirkungsvermœgens $M\ C$ thætig, und mit eben demselben ist ihr entgegen gewirkt worden.

§. 84.

Um nun die Wirkungen der Materien, die mit verschiedener Geschwindigkeit und nach verschiedenen Richtungen gegen einander stossen, zu bestimmen, bedarf es nur einer Anwendung des Gesetzes der Gleichheit der Wirkungen und Gegenwirkungen. Stœsst næmlich die

Materie M mit der Geschwindigkeit C gegen eine andere m, die mit der Geschwindigkeit c in der næmlichen Richtung bewegt wird, so ist die Geschwindigkeit der Bewegungen beider Materien nach dem Stosse $\frac{MC + mc}{M + m}$. Denn M erleidet so lange Gegenwirkungen von m bis alle Theile beider Materien eine gleiche Geschwindigkeit in ihren Bewegungen erlangt haben. Stossen daher die Materien M und m in entgegen gesetzten Richtungen gegen einander, und ihre Wirkungsvermœgen sind einander gleich, so ruhen beide nach dem Stosse; sind aber die Grœssen ihrer Wirkungsvermœgen verschieden, so bewegen sich beide nach dem Stosse in der Richtung der bewegten Materie, die das überwiegende Wirkungsvermœgen hatte, und die Geschwindigkeit ihrer Bewegung ist $\frac{MC - mc}{M + m}$, das ist, der Quotient der Differenz ihrer Wirkungsvermœgen durch die Summe ihrer Massen.

§. 85.

So wie aber kein Stoss ohne einen gleichen Gegenstoss, so kann auch keine Anziehung, oder kein Zug ohne einen gleichen Gegenzug statt finden. Denn die gleiche Gegenwirkung, die mit jeder Wirkung verbunden sein muss, kann offenbar weder durch die Wirkungsweisen oder durch die verschiedenen Richtungen, nach welchen die Bewegungskræfte wirken, noch durch die verschiedenen Ursachen der Wirkungen, Einschrænkungen erleiden. Es mœgen also Anziehungen, oder Repulsionen, einen Stoss, oder eine blosse Annæherung der Materien gegen einander bewirken, oder die Materien selbst mœgen in Ansehung ihrer innern Kræfte, oder in Ansehung der Quantitæt ihrer Massen noch so sehr verschieden sein, immer bleibt das Gesetz unverænderlich. Daher muss auch die Wirkung einer æusserst geringen Masse auf eine andere, die in Vergleichung

mit jener ihrer Grœsse nach unermesslich scheint, immer mit einer gleichen Gegenwirkung verbunden sein.

§. 86.

Jede Wirkung einer Materie steht in unmittelbarer Verbindung mit einer ununterbrochenen Reihe anderer ihrer Wirkungen, wovon jede als ein Uebergang ihres vorigen Zustandes in einen andern anzusehen ist. Næmlich jedes Raumverhæltniss, jede Richtung einer Bewegung, und jeder Grad von Geschwindigkeit kann nicht anders als kontinuirlich, oder nach und nach verændert werden; so wie zwei gerade Linien, die in einen Winkel von 180° zusammen gestossen sind, in allen Beugungen des 180sten Grades gegen einander geneigt werden müssen, bevor sie den Winkel von 179° unter einander bilden kœnnen. Der Materie kann also nicht urplœtzlich eine Bewegung mitgetheilt werden, sondern eine Reihe zahlloser Zwischenzustænde müssen

als Uebergænge dienen, um in ihr wahrnehmbare Verschiedenheiten ihres Wirkungsvermœgens hervorzubringen, so dass immer zwischen jeden zweien ihrer Mittelzustænde der Unterschied geringer ist, als zwischen dem ersten und letzten der zu jeder ihrer Verænderungen gehœrigen Reihe von Zustænden. Dieses ist das mechanische *Gesetz der Stetigkeit.* (Lex continui mechanica).

§. 87.

Da in der dynamischen Subsistenz der Materie unaufhœrliche Bewegungsæusserungen derselben gegründet sind (§. 57.), so ist sie nie ausser aller Wirksamkeit. Es ist aber auch überhaupt kein Uebergang aus dem Zustande absoluter Unthætigkeit oder Bewegungslosigkeit in Bewegungsæusserungen vorstellbar. Hieraus erhellet, dass verænderte Zustænde der Materie nichts anders als Vergrœsserungen, oder Verminderungen ihrer thætigen Wirkungsvermœgen sind.

§. 88.

Die Grœsse einer vermehrten Bewegungsæusserung, oder Geschwindigkeit in jeder unendlich kleinen Zeit heisst ein *Moment der Beschleunigung*; die Kraftæusserung aber, durch welche dasselbe bewirkt wird, *Sollicitation.*

§. 89.

Die Vermehrung der Geschwindigkeit, oder des Wirkungsvermœgens, die ein jedes Moment der Beschleunigung zur Folge hat, ist ein Differential der ersten Ordnung. Wenn næmlich x die Grœsse des Wirkungsvermœgens einer Materie ist, so wird dasselbe dadurch, dass es mit jedem Augenblicke, oder mit der Folge der Zeit um eine unendlich kleine Grœsse wæchst, in dem ersten Zeittheilchen $x + dx$, in dem zweiten $x + 2\,dx$ u. s. w. Denn die Dauer einer jeden Sollicitation ist unendlichmal in der Dauer einer endlichen Bewegung enthalten. Wære nun eine endliche Ge-

schwindigkeit, die a heissen soll, die Wirkung eines Moments der Beschleunigung, so würde dieselbe in jeder endlichen Zeit unendlichmal vervielfæltigt $= a \infty$ werden. Ist hingegen die Wirkung eines Moments der Acceleration $\frac{a}{\infty}$, so erwæchst in einer endlichen Zeit eine endliche Geschwindigkeit, næmlich $\frac{a}{\infty} \cdot \infty = a$.

§. 90.

Repulsive Kræfte müssen in jeder Sollicitation mit endlicher Geschwindigkeit wirken; Anziehungskræfte hingegen mit unendlich kleiner Geschwindigkeit. Denn in den repulsiven Wirkungen ist eine Flæchenkraft, oder eine Kraftæusserung in den einander berührenden Punkten wirksam (§. 63.), die sich zu den Materien selbst wie $1 : \infty$, oder wie $\frac{1}{\infty} : 1$ verhalten. Wenn aber eine unendlich kleine Masse eine Wirkung $\frac{a}{\infty}$ (§. 89.) hervorbringen soll, so muss sie offenbar mit einer endlichen Geschwindigkeit wirken,

weil alsdenn ihr Wirkungsvermœgen $= \frac{1}{\infty} \cdot a = \frac{a}{\infty}$ ist. Hingegen mit unendlich kleiner Geschwindigkeit würde ihre Wirkung $= \frac{a}{\infty} \cdot \frac{1}{\infty} = \frac{a}{\infty^2}$, und mithin geringer als $\frac{a}{\infty}$ sein. Allein die durchdringende Anziehungskraft (§. 67.), die auf alle Theile einer Quantitæt Materie in demselben ungetheilten Augenblicke wirken kann, würde mit endlicher Geschwindigkeit sogleich mit dem ersten Momente eine Wirkung von einer endlichen Grœsse hervorbringen; folglich kann in ihrer Sollicitation nur eine unendlich kleine Geschwindigkeit statt finden.

§. 91.

Wenn die beiden Grundkræfte in ihren, Kausalverbindungen mit ungleicher Energie sollicitiren, so müssen ihre Kraftæusserungen selbst vertheilt sein (§. 48.), weil sonst die Repulsion, die in unendlich kleinen Zeittheilchen mit endlicher Geschwindigkeit wirket, mit unendlicher

Geschwindigkeit in jeder endlichen Zeit wirken müsste. Ausserdem aber, dass dieses an und für sich unmœglich ist, würden dadurch die geringeren Aeusserungen der ursprünglichen Anziehungskræfte vernichtet werden. Man sieht daher die Unmœglichkeit des Maximums einer Bindung, in welchem die Materie zur Verænderung ihrer dynamischen Kausalverbindung unfæhig sein sollte, indem nicht nur die überschüssigen Quantitæten einer jeden der beiden Kræfte in den einzelnen Theilen verschiedener Materien, sondern auch selbst die Sollicitation beider Kræfte überhaupt von ungleicher Grœsse sein müssen. Eben so sieht man auch, dass ein Maximum der absoluten Elastizitæt (§. 58.), wodurch die Materie einer Zusammendrückung schlechterdings unfæhig sein sollte, unmœglich ist, indem der Widerstand der repulsiven Kræfte einer solchen Materie in einer unendlich klei-

nen Zeit von endlicher Grœsse sein müsste.

§. 92.

Die bewegenden Kræfte müssen in der gleichfœrmig beschleunigten Bewegung (§. 14.) nothwendig ihre Aeusserungen, oder die Wirkungen ihrer Sollicitationen unaufhœrlich erneuern. Sie müssen also das bewegte Objekt, selbst während eines jeden Moments der Acceleration, das sie in ihm bewirken, sollicitiren. Da nun jede Geschwindigkeit aus der Summe der beschleunigenden Momente zusammengesetzt ist, so verhælt sie sich bei dieser Bewegung offenbar wie die Dauer derselben. Nennen wir daher die Zeiten zweier gleichfœrmig beschleunigter Bewegungen T, t, ihre Geschwindigkeiten C, c, so ist $C : c = T : t$.

§. 93.

Man nennt die Geschwindigkeit der gleichfœrmig beschleunigten Bewegung,

so wie sie aus der Summe der beschleunigenden Momente mit jedem Zeittheilchen erwæchst, *Endgeschwindigkeit.* Diese ist offenbar jederzeit das Doppelte jener Geschwindigkeit, mit welcher das bewegte Objekt in einer gleichfœrmigen Bewegung (§. 13.) einen gleich grossen Raum in derselben Zeit durchlaufen würde. Folglich ist $C = \frac{2S}{T}$ (§. 12. N.° 3.), und $CT = 2S$; mithin ist $S : s = CT : ct$, d. i., die Ræume verhalten sich wie die Produkte der Geschwindigkeiten in die Zeiten. Da aber auch $C : c = T : t$, (§. 92.), so ist $S : s = C^2 : c^2 = T^2 : t^2$, d. i., die Ræume verhalten sich wie die Quadrate der Zeiten, oder Geschwindigkeiten. Hieraus folgt, dass die Ræume, die mit der Folge gleicher Zeiten zurückgelegt werden, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w. der Ordnung nach zunehmen; dass sich die Grœssen der Bewegungen wie die Produkte der Massen in die Zeiten, oder in die Endge-

schwindigkeiten, oder in die Quadratwurzel der durchlaufenen Ræume verhalten; und dass sich endlich die Bewegungskræfte verhalten, wie die Quotienten der zurückgelegten Ræume durch die Quadrate der Zeiten, oder wie die Quotienten aus den Quadraten der Geschwindigkeiten durch die zurückgelegten Ræume.

§. 94.

Bei der gleichfœrmig verzœgerten Bewegung (§. 14.) erneuern die Bewegungskræfte, die die Geschwindigkeit derselben vermindern, unaufhœrlich ihre Aeusserungen. Daher müssen bei der gleichfœrmig verzœgerten und bei der gleichfœrmig beschleunigten Bewegung gleiche Bewegungskræfte wirken, um einen Gegenstand durch gleiche Ræume in gleichen Zeiten zu bewegen. Es müssen folglich überhaupt dieselben Gesetze von der gleichfœrmig verzœgerten Bewegung gelten, die von der gleichfœrmig be-

schleunigten erwiesen worden sind (§. 93.); nur dass die Ræume, die mit der Folge gleicher Zeiten zurückgelegt werden, abnehmen, jedoch ebenfalls nach der Ordnung der ungeraden Zahlen 13, 11, 9, 7 u. s. w.

§. 95.

Da bei der drehenden Bewegung eines Objektes die Theile, die von dessen Axe gleichweit entfernt sind, gleichfœrmig gleiche Kreisbogen durchlaufen, und da diese sich wie ihre Halbmesser verhalten: so müssen nothwendig die Geschwindigkeiten der bewegten Theile im Verhæltnisse ihrer Næhe gegen die Axe geringer sein.

§. 96.

Eine unbiegsame an irgend einem ihrer Punkte befestigte Linie, auf deren einzelne Theile Kræfte wirken, um sie um die befestigte Stelle zu drehen, heisst ein *mathematischer Hebel.* Den befestigten Punkt nennt man *Ruhepunkt*; jede

Linie zwischen diesem Punkte und jenem, an welchem die eine oder die andere Kraft angebracht ist, *Hebelarm;* was den Ruhepunkt selbst fest hælt, *Unterlage, Hypomochlion*, und das Wirkungsvermœgen der Kræfte *statisches Moment*, oder *Abwage der Kraft.*

§. 97.

Man unterscheidet folgende Arten des Hebels:

a) Der Ruhepunkt befindet sich zwischen den beiden Hebelarmen. Man nennt einen solchen Hebel einen *doppelarmigen*, oder einen *Hebel der ersten Art* (vectis heterodromus).

aa) Stossen die Hebelarme gerade gegen einander, so ists ein *geradliniger Hebel;*

bb) schneiden sie aber einander, oder bilden krumme Linien, ein *Winkelhebel*, ein *krummliniger Hebel* (vectis inflexus).

b) Die Hebelarme befinden sich an einer und der næmlichen Seite des Ruhepunktes. Ein solcher Hebel heisst *einseitig*, oder *Hebel der zweiten Art* (vectis homodromus).

§. 98.

Die statischen Momente verhalten sich wie die Produkte der Bewegungskræfte in die Entfernungen der senkrechten Richtungslinien ihrer Wirkungen vom Ruhepunkte, oder wie die Produkte aus den Kræften in die Sinus der Winkel, die die Richtungslinien der Kræfte mit den Hebelarmen bilden. Verhalten sich also die Kræfte verkehrt wie jene Sinus, oder verhalten sie sich verkehrt wie die Entfernungen ihrer senkrechten Richtungslinien vom Ruhepunkte, so stehen sie unter einander im Gleichgewichte (§. 56.). Nur die Hauptfælle bedürfen eines Beweises; wie ihre Anwendungen auf sonstige Abænderungen derselben statt finden, kann keine Schwierigkeit haben.

I. Wenn zwei gleiche Kræfte *a*, *b* an die HebelEnden des gleicharmigen Hebels *a c b* Fig. 3 angebracht sind, um denselben in senkrechter Linie abwærts zu bewegen, so wirken dieselben, jede an ihrer Seite die HebelEnden durch die Hælfte des Halbkreises *a d b* nach dem Punkt *d* zu drehen. Man denke sich statt dieser Bewegungen, der Punkt *d* solle sich vermittelst jener Kræfte sammt dem relativen Raume *d c a* gegen *a* einerseits, und sammt dem relativen Raume *d c b* anderer Seits gegen *b* bewegen (§. 22.). Sie würden alsdann zu gleicher Zeit gleiche Bewegungen in entgegen gesetzten Richtungen bewirken müssen, die einander aufheben; folglich ruhet der Hebel. Wæren aber die beiden Kræfte von verschiedener Grœsse, z. B. *b* grœsser als *a*, so würde der Punkt *d* sammt dem relativen Raume nach *b* getrieben werden, das ist, *b* würde ihr HebelEnde abwærts drehen. Eine andere Art sich das Gleich-

gewicht anschaulich zu machen, beruhet auf dem Gesetze der Wirkung und Gegenwirkung (§ 83.). Næmlich die Wirkungen der Kræfte *a*, *b* auf ihre Hebelarme müssen mit einer gleichen Gegenwirkung verbunden sein. Man muss sich daher *d* sammt den relativen Ræumen *d c a* und *d c b* gegen *a* und *b* in Bewegung vorstellen. So lange nun *a* und *b* einander gleich sind, ist eine Gegenwirkung, und folglich auch eine Wirkung unmœglich.

II. Es sind zwei Kræfte *a*, *b* an dem doppelarmigen Hebel *a c b* Fig. 4 angebracht, in welchem der eine Hebelarm *b c* zweimal so gross als der andere *a c* ist. Wenn hier, wie im vorigen Falle, die Ræume *a d* und *b D* in gleichen Zeiten durchlaufen werden sollen, so wird die Geschwindigkeit der Bewegung durch den Raum *b D* doppelt so gross als durch den Raum *a d* sein müssen (§. 95.). Soll also in der Linie *c D* keine Bewegung gegen *b* statt finden, so müssen zweimal so viel Kræfte gegen

a als gegen *b* wirken, oder die Kræfte müssen sich verkehrt wie die ihnen zugehœrigen Hebelarme verhalten. Folglich ist Gleichgewicht vorhanden, wenn $a : b = b\,c : a\,c$.

III. Zwei Kræfte *a*, *b* wirken senkrecht an dem rechtwinklichten und gleicharmigen Hebel *a c b* Fig. 5. Man ziehe vermittelst eines Hebelarmes den Halbkreis *e a b*, und denke sich dessen Raum mit dem Hebel verbunden. Wenn jetzt *b* den Hebel bewegen soll, so muss sie zugleich den Halbkreis gegen *d* drehen, und soll *a* den Hebel bewegen, so muss sie dasselbe thun. Die Gegenwirkungen, die man sich hiebei in *d* vorzustellen hat, müssen einander aufheben, wenn sie einander gleich sind. Es findet also das næmliche wie in den vorigen Fællen statt, und es ist Gleichgewicht vorhanden, wenn $a : b = b\,c : a\,c$.

IV. Es wirkt an einem geradlinigen Hebel *a c b* Fig. 6 die Kraft *a* in der senk-

rechten Richtung $a\,a$, und die Kraft b in schiefer Richtung $b\,B$. Denkt man sich diese als eine Diagonale, die die unter einem Winkel verbundenen Bewegungen $c\,b$ und $b\,e$ bestimmen (§. 28.): so kann offenbar der Theil $c\,b$ oder $B\,e$ der Kraft b, dessen Richtung mit dem Hebel selbst parallel ist, zur Drehung desselben nicht mitwirken. Aber alsdann würde b ihr ganzes Wirkungsvermœgen auf den Hebel ausüben, wann dieser durch eine verænderte Stellung mit der Linie $b\,B$ einen rechten Winkel bildete. Man ziehe daher aus dem Ruhepunkte c auf $b\,B$ die senkrechte Linie $c\,d$. Da jetzt b in senkrechter Richtung auf $c\,d$ wirkt, so ist Gleichgewicht vorhanden, wenn $a : b = c\,d : a\,c$.

DER ALLGEMEINEN

NATURWISSENSCHAFT

FÜNFTES HAUPTSTÜCK.

Die Lehre der Bewegung und Bewegungskräfte, als Gegenstände der Erfahrung, Phänomenologie.

§. 99.

Als Korrelate, oder Theilvorstellungen kommen zwei Gegenstænde, Materie und Raum, in der Totalvorstellung einer jeden Bewegung in gegenseitige Beziehungen. Was für ein Antheil es ist, der jedem der beiden Gegenstænde an Bewegung zuerkannt wird, ergibt sich aus der Erwægung, wie dieselbe

1. mit dem einen Gegenstande sowohl als mit dem andern vereinbar, in dem

einen und in dem andern gleich *mœglich* sein kœnne, in so ferne bei derselben keine Bedingungen statt finden, die sie in Ansehung des Gegenstandes bestimmten; d. h., dieser ist alternativ denkbar, oder das disjunktive Urtheil ist in subjektiven Beziehungen gegründet. Oder

2. gewisser Bestimmungen wegen einem Gegenstande *wirklich* zukomme, und der andere von jedem Antheil ausgeschlossen sei; d. h., das disjunktive Urtheil hat seine objektiven Bedingungen, so dass nur mit diesen wirkliche Bewegungen eines Objektes denkbar sind. Oder endlich

3. einem Objekte *nothwendig* zukomme.

§. 100.

Man sieht leicht, dass in den verschiedenen Verhæltnissen, unter welchen Bewegung bisher ein Gegenstand unserer Betrachtungen war, die Gründe anzutreffen sein müssen, wodurch das Objekt derselben bald in der Eigenschaft der Mœg-

lichkeit, bald in der Eigenschaft der Wirklichkeit, oder gar der Nothwendigkeit gedacht wird. In den phoronomischen Untersuchungen waren die ræumlichen Verhæltnisse und ihre Verænderungen in den relativen Ræumen und in den Materien gegründet, Bewegungsfæhigkeit war ihnen beiden gemein. Wenn hingegen nach dynamischen Grundsætzen jede Bewegung die Wirksamkeit bewegender Kræfte erfodert, so gibt es keine Bewegung, die nicht in diesen ihren objektiven Grund hætte. Endlich aber ist auch die Bewegung als Prædikat nothwendig mit einem Objekte verbunden, in so ferne sie nach mechanischen Gesetzen der Kausalverbindungen als unverænderliche Bedingung, so und nicht anders gedacht werden kann.

§. 101.

Von jeder geradlinigen Bewegung kann der relative Raum in entgegen gesetzter Richtung, oder die Materie das bewegte Objekt sein. Denn sie muss von einem so wie vom andern als ein mœgliches

Prædikat gedacht werden kœnnen, weil beide Objekte in der Vorstellung einer solchen Bewegung auf einander bezogen werden müssen; und es kann nicht anders als von dem verschiedenen Standorte des vorstellenden Subjektes abhængig sein, ob es sich selbst sammt dem relativen Raume seines Gesichtskreises für ruhig, die Annæherung hingegen, oder die Entfernung eines Kœrpers als dessen Bewegung, oder ob es sich selbst und den Kœrper im Raume für ruhig halten mœchte; weil der relative Raum ihm in entgegen gesetzter Richtung bewegt dünkt. Aber eben durch die nothwendige Beziehung der bewegten Gegenstænde auf begrænzte Ræume ist nirgend eine Mœglichkeit einer absoluten Bewegung vorhanden, ist die Vorstellung einer Bewegung in Beziehung auf den unendlichen absoluten Raum schlechterdings unmœglich, weil mit diesem die Vorstellung einer Beweglichkeit schlechterdings unvereinbar ist.

§. 102.

Jede krummlinige Bewegung erfodert die unaufhœrliche Wirksamkeit zweier Bewegungskræfte, wodurch das Bewegliche keinen Augenblick in der unverænderten Richtung einer derselben seine Bewegung fortsetzt, sondern ihre Wirkungen müssen jede, die Wirkung der andern dergestalt verændern, dass das Objekt bestændig nach der Tangente, aber auch zugleich nach dem Mittelpunkte der Bahn getrieben wird. Der Gegenstand wird daher in allen Punkten seiner Bahn durch mittlere Bewegungen (§. 23 N.° 3. – §. 26.) geführt, die aus zusammenstossenden unendlich kleinen Diagonalen bestehen.

§. 103.

Der Mittelpunkt einer krummlinigen Bahn heisst *Kræftenpunkt*, *Mittelpunkt der Kræfte* (centrum virium), oder auch *Focus*, und die Kræfte selbst *Zentralkræfte* (vires centrales). Diejenige Kraft, durch deren Wirksamkeit das Bewegliche

einen gewissen Abstand vom Kræftenpunkte, oder vom Mittelpunkte der Krümmung nicht vergrœssern kann, nennt man *Zentripetalkraft*, oder *Normalkraft* (vis centripeta, s. vis normalis); jene aber, die auf Entfernen oder Ablenken von jenem Punkte wirkt, *Schwungkraft*, *Zentrifugalkraft*, *Tangentialkraft*, *Fliehkraft* (vis centrifuga, s. vis tangentialis); *Umlaufszeit*, die Zeit, worin das Bewegliche die Bahn vœllig durchlæuft; und endlich jede gerade Linie aus dem Kræftenpunkte nach der Bahn *Vektor*, oder *Radius Vektor*.

§. 104.

In jeder krummlinigen Bewegung verhalten sich die Zeiten wie die vom Vektor durchlaufenen Flæchenræume, so dass seine Drehung immer in gleichen Zeiten in die Grænzen gleicher Flæchenræume eingeschlossen ist. Es seien in zwei unendlich kleinen Zeiten die gleichen Aeusserungen der Zentripetalkraft $a\ b$ und $e\ f$

Fig. 7, und die gleichen Aeusserungen der Fliehkraft $a\,d$ und $e\,g$: so bewegt sich der Vektor durch zwei unendlich kleine Dreiecke $a\,c\,e$ und $e\,c\,h$, die einander gleich sind. Denn es ist das Dreieck $a\,d\,e = d\,c\,e$, weil die Grundlinie beider $d\,e$, und diese mit $a\,b$ parallel ist; mithin ist auch $a\,c\,d = a\,c\,e$. Eben so ist auch $e\,c\,h = e\,c\,g$. Es ist aber auch $e\,c\,g = a\,c\,d$, weil $e\,g = a\,d$, und $e\,c = a\,c$; folglich ist $e\,c\,h = a\,c\,d = a\,c\,e$. Hieraus folgt, dass jede kreislinige Bewegung gleichfœrmig ist (§. 13.), weil zu gleichen Kreisausschnitten, die vom Vektor in gleichen Zeiten durchlaufen werden, gleiche Bogen gehœren. Nennt man daher die Umlaufszeiten T, t, die kreislinigen Bahnen P, p: so ist $T : t, = \frac{P}{C} : \frac{p}{c} = P\,c : p\,C$, (§. 12 N°. 5.)

§. 105.

Die Geschwindigkeiten der bewegten Objekte verhalten sich in allen Punkten,

oder Theilen einer krummlinigen Bahn verkehrt, wie die auf deren Tangenten aus dem Kræftenpunkte gezogenen senkrechten Linien. Denn sie verhalten sich in gleichen Zeiten überhaupt wie die von den Vektoren durchlaufenen Flæchenræume (§. 104.). Nun verhalten sich nothwendig die Grundlinien in den gleichen Dreiecken *a c e*, *e c h* verkehrt wie die aus *c* auf *a e* und *e h* senkrechten Linien, weil diese die Hœhen der Dreiecke sind. Man kann aber, weil wir unendlich kleine Zeiten, und *a e*, *e h* als unendlich kleine Theile der krummen Linie annehmen, die Tangente *a d* mit dem Bogen *a e*, und die Tangente *e g* mit dem Bogen *e h* für einerlei halten. Folglich verhalten sich die Geschwindigkeiten in *a e* und *e h* verkehrt wie die aus *c* auf ihren Tangenten senkrechten Linien. Hieraus erhellet, dass die krummlinige Bewegung desto weniger gleichfœrmig sein kann, je mehr sich ihre Bahn von der

Kreislinie entfernt, weil die Geschwindigkeit mit der Zunahme der Entfernung von dem Kræftenpunkte verringert wird. Da aber auch nur alsdann diese Entfernung unverænderlich, oder die Geschwindigkeit gleichfœrmig sein kann, wann $a\,b = e\,f$, und $a\,d = e\,g$ (§. 25.), das ist, die Tangential- und Zentripetalkræfte ihrer Energie nach einerlei bleiben: so kann auch nur unter dieser Bedingung die Bahn eine Kreislinie sein.

§. 106.

In jeder kreislinigen Bewegung verhalten sich die Zentralkræfte wie die Quotienten aus den Quadraten der Geschwindigkeiten durch die doppelten Halbmesser oder Vektoren. Gesetzt, es sei der Bogen $a\,e$ Fig. 8 in einer sehr kleinen Zeit durchlaufen worden, und kœnne daher mit der Tangente $a\,d$ für einerlei gehalten werden; $a\,b$ sei die Zentripetalkraft, $a\,d$ die Tangentialkraft, und $b\,e$ auf dem Durchmesser $a\,f$ senkrecht, so

ist der Kathetus $a\,e$ die mittlere Proportionallinie zwischen der Hypothenuse $a\,f$ und dem Theile $a\,b$ derselben, der mit ihm auf einerlei Seite liegt. Es ist aber auch $a\,f : a\,e = a\,e : a\,d$. Folglich ist $a\,b = \frac{a\,e^2}{a\,f}$, und $a\,d = \frac{a\,e^2}{a\,f}$. Nennen wir demnach die Zentralkræfte V, die Entfernung vom Kræftenpunkte r, so ist $V = \frac{S^2}{2\,r} = \frac{C^2}{2\,r}$ (§. 12 N.° 1.). Hieraus folgt:

I. Wenn zwei Objekte in verschiedenen Kreisen gleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre Zentralkræfte wie ihre Halbmesser, oder wie ihre Entfernungen vom Kræftenpunkte. Denn die æhnlichen Bogen, die sie in gleichen Zeiten durchlaufen, verhalten sich wie ihre Halbmesser; mithin ist $V = \frac{r^2}{2\,r} = \frac{r^2}{r} = r$.

II. Wenn zwei Objekte in gleichen Entfernungen vom Kræftenpunkte mit un-

gleicher Geschwindigkeit bewegt werden, so verhalten sich ihre Zentralkræfte, wie die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten. Durchlæuft z. B. in gleichen Zeiten ein Objekt den Bogen $a\,e$, und ein anderes den Bogen $a\,g$, so verhalten sich ihre Zentralkræfte wie $\frac{a e^2}{2 a c} : \frac{a g^2}{2 a c} = a e^2 : a g^2 = c^2 : C^2$.

III. Wenn zwei Objekte ungleiche Theile von Peripherien, oder ungleiche Kreisbogen mit gleicher Geschwindigkeit durchlaufen, folglich ungleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre Zentralkræfte verkehrt wie die Halbmesser der Peripherien. Denn hier bleibt $a\,e^2$, S^2, oder c^2 unverændert; mithin ist $V = \frac{1}{2r} = \frac{1}{r}$.

IV. Wenn zwei Objekte durch verschiedene Kreisen oder durch ungleiche Entfernungen vom Kræftenpunkte in ungleichen Umlaufszeiten bewegt werden, so verhalten sich ihre Zentralkræfte, wie die

Quotienten der Halbmesser durch die Quadrate der Umlaufszeiten. Denn V verhælt sich wie $\frac{C^2}{2r}$, oder wie $\frac{C^2}{r}$. Nun ist $C^2 = \frac{r^2}{T^2}$ (§. 12 N.° 3.). Folglich ist

$$V = \frac{r^2}{r\,T^2} = \frac{r}{T^2}.$$

V. Wenn sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Entfernungen vom Kræftenpunkte verhalten, so sind die Zentralkræfte im verkehrten Verhæltnisse der Quadrate dieser Entfernungen. Denn da $T^2 = r^3$, und $V = \frac{r}{T^2}$ (N.° IV.): so ist $V = \frac{r}{r^3} = \frac{1}{r^2}$.

VI. Verhalten sich die Zentralkræfte verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Kræftenpunkte, so stehen die Geschwindigkeiten im verkehrten Verhæltnisse der Quadratwurzel dieser Entfernungen, und die Umlaufszeiten im geraden Verhæltnisse der Kubikwurzel derselben, und folglich die Quadrate der Umlaufszeiten im geraden Verhæltnisse

der Würfel der Halbmesser. Denn da $V = \frac{c^2}{2r} = \frac{c^2}{r}$ und auch $= \frac{1}{r^2}$, so ist $\frac{1}{r^2} = \frac{c^2}{r}$, und $c^2 = \frac{r}{r^2} = \frac{1}{r}$; folglich $c = \frac{1}{\sqrt{r}}$. Es ist ferner $c = \frac{r}{T}$ (§. 12 N.° 3.); mithin $\frac{1}{\sqrt{r}} = \frac{r}{T}$, und $T = r\sqrt{r} = \sqrt{r^3}$, oder $T^2 = r^3$.

§. 107.

In so ferne jede Zentralkraft das Bewegliche unaufhœrlich sollicitirt, müssen die von ihr erzeugten Bewegungen offenbar gleichfœrmig beschleunigt sein. Was aber die Verænderungen der Grœsse ihrer Energie in verschiedenen Entfernungen angeht, so kann eine solche nie anders als allmælig, nie stossweise erfolgen. Diesemnach wæren die Grœssen ihrer Aeusserungen in sehr kleinen Zeiten gleichwohl als gleich anzusehen. Folglich ist in allen Punkten jeder krummlinigen Bahn $V = \frac{S}{T^2}$ (§. 93.). Es sei nun ein Objekt in einer sehr kleinen Zeit von

c Fig. 9 bis k dadurch bewegt worden, dass die Zentripetalkraft $b\,k$ den Aeusserungen der Fliehkraft $b\,c$ entgegen gewirkt hat: so ist $b\,f$ als parallel mit $c\,f$ anzusehen, weil der Winkel $c\,f\,k$ unendlich klein ist, und daher sind die Wirkungen der Zentralkræfte $b\,k$, oder $V = \frac{b\,k}{T^2}$. Man beschreibe nun aus f den Bogen $a\,k$, so ist $T = \frac{1}{2}\,c\,f\,.\,a\,k$ (§. 104.), und $T^2 = c\,f^2.\,a\,k^2$; mithin $V = \frac{b\,k}{c\,f^2.\,a\,k^2}$. Zieht man $f\,t$ auf die verlængerte Tangente $b\,c$ senkrecht, so ist das Dreieck $f\,c\,b$, das $c\,b$ zur Grundlinie, und $f\,t$ zur Hœhe hat, von dem Dreiecke oder von dem Ausschnitte $f\,c\,k$ unendlich wenig unterschieden; mithin ist $T = \frac{1}{2}\,f\,t\,.\,c\,b = f\,t\,.\,c\,b$, und $T^2 = f\,t^2\,.\,c\,b^2$. Folglich ist $V = \frac{b\,k}{f\,t^2.\,c\,b^2}$.

§. 108.

Wenn in einer krummlinigen Bewegung der Kræftenpunkt ausserhalb des Mittelpunktes der Bahn ist, so verhalten sich

die Zentralkræfte in jedem Theile der Bahn verkehrt wie das Produkt aus dem Quadrate der Normallinie in die Sehne des Krümmungskreises, die durch den Anfang dieses Bogens und den Kræftenpunkt geht, oder wie der Quotient aus dem Vektor durch das Produkt des Krümmungshalbmessers in den Würfel der Normallinie. Es sei f Fig. 10 der Kræftenpunkt, $a\,c$ der Krümmungshalbmesser des Punktes c, und $c\,k\,d\,e\,g$ sein Krümmungskreis, und $c\,k$ diesem und der Bahn gemeinschaftlich: so ist die Tangente $c\,b$ die mittlere Proportionallinie zwischen der Sekante $b\,g$ und ihrem ausserhalb des Kreises liegenden Theil $b\,k$, oder $c\,b^2 = b\,k \,.\, b\,g$, und $b\,k = \frac{c\,b^2}{b\,g}$. Weil aber $b\,g$ und $c\,e$ einander sehr nahe sind, so ist auch $b\,k = \frac{c\,b^2}{c\,e}$. Nun ist $V = \frac{b\,k}{f\,t^2 \,.\, c\,b^2}$ (§. 107.); also ist auch $V = \frac{c\,b^2}{f\,t^2 \,.\, c\,b^2 \,.\, c\,e}$ $= \frac{1}{f\,t^2 \,.\, c\,e}$; d. i. die Zentralkræfte ver-

halten sich verkehrt wie das Produkt aus dem Quadrate der Normallinie in die Sehne des Krümmungskreises u. s. w. Es ist ferner $f\,t$ mit $c\,d$ parallel, und beide Linien sind von $c\,f$ durchschnitten, und daher die Wechselwinkel $c\,f\,t$, $f\,c\,d$, oder $e\,c\,d$ einander gleich. Es ist aber auch der Winkel $f\,t\,c = c\,e\,d$. Mithin sind die Dreiecke $f\,t\,c$, $d\,e\,c$ æhnlich, also $cf : ft = c\,d : c\,e = 2\,ac : c\,e$, und $c\,e = \frac{2\,ac \,.\, ft}{cf}$. Es ist aber $V = \frac{1}{ft^2 \,.\, ce}$; das ist, nach substituirtem Werthe von $c\,e$, $V = \frac{c\,f}{f\,t^2 \,.\, f\,t \,.\, 2\,a\,c} = \frac{c\,f}{f\,t^3 \,.\, a\,c}$.

§. 109.

Wenn in einer Bewegung die Bahn ein Kegelschnitt ist, so verhalten sich die Zentralkræfte verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Kræftenpunkte. Es sei c Fig. 11 ein beliebiger Theil des Kegelschnittes $c\,p\,d\,m\,r$, f der Kræftenpunkt, $c\,f$ der Vektor, $p\,m$ der Parameter, $n\,s$ aus dem einen Endpunkte der Normallinie $c\,s$

nach dem Vektor, und ac der Krümmungshalbmesser, so wie ft auf der Tangente senkrecht: so ist $ac = \frac{4cs^3}{pm^2}$, und $\frac{pm}{2} = cn$. In den æhnlichen Dreiecken cft und cns ist $cf : ft = cs : cn$, oder $cf : cs = ft : cn = ft : \frac{pm}{2}$; also ist $ft = \frac{cf \cdot pm}{2cs}$, und $ft^3 = \frac{cf^3 \cdot pm^3}{8cs^3}$. Nun ist $V = \frac{cf}{ft^3 \cdot ac}$ (§. 108.), das ist, wenn man den Werth von ft^3 substituirt, $V = \frac{cf \cdot 8cs^3}{cf^3 \cdot pm^3 \cdot ac} = \frac{cs^3}{cf^2 \cdot pm^3 \cdot ac} = \frac{cs^3 \cdot pm^2}{cf^2 \cdot pm^3 \cdot 4cs^3} = \frac{pm^2}{4cf^2 \cdot pm^3} = \frac{1}{cf^2 \cdot pm}$. Da aber pm unveränderlich ist, so ist $V = \frac{1}{cf^2}$. Hieraus folgt auch, dass die Bahn jederzeit ein Kegelschnitt ist, wenn sich die Wirkungen der Bewegungskræfte verkehrt wie die Quadrate der Entfernungen vom Kræftenpunkte verhalten.

§. 110.

Wenn die Bahn eine Ellipse ist, so bewegt sich das Objekt von einer Apside

zur andern in der Hælfte der Umlaufs-
zeit. Allein die Bewegung hat nothwen-
dig ihre grœsste Geschwindigkeit in der
dem Kræftenpunkte næhern, die kleinste
hingegen in der entgegen gesetzten Apside
(§. 105.). Ihre Dauer von einem Punkte
der Ellipse bis zum entgegen gesetzten ist
folglich længer oder kürzer als die Hælfte
der Umlaufszeit, je nachdem der Weg
durch die entferntere, oder næhere Apsi-
de geht. Soll nun in derselben Um-
laufszeit eine gleichfœrmig krummlinige,
d. i., eine kreislinige Bewegung (§. 104 und
105.) erfolgen, so muss der Flæchenin-
halt dieses Kreises dem Flæcheninhalt der
Ellipse gleich sein, und dieses ist der Fall,
wenn der Halbmesser desselben die mitt-
lere Proportionallinie zwischen der gros-
sen und kleinen Axe der Ellipse ist, und
folglich ist alsdenn auch die Geschwindig-
keit die mittlere zwischen jener grœssten
und kleinsten. Eine solche erdichtete
gleichfœrmige Bewegung heisst eine *mitt-*

lere, und der erdichtete Vektor der Bahn die *mittlere Entfernung* vom Kræften-punkte (distantia media).

§. 111.

Nennt man die mittlern Entfernungen R, r, so ist $T : t = Pc : pC = Rc : rC$ (§. 104.); d. i., die Umlaufszeiten verhalten sich wie die Produkte der Kreislinien, oder der mittlern Entfernungen in die verkehrten Geschwindigkeiten. Es ist ferner $C : c = Pt : pT$ (§. 12 N.° 3.) $= Rt : rT$. Næmlich die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Produkte aus den mittlern Entfernungen in die verkehrten Umlaufszeiten.

§. 112.

Da bei den Zentralbewegungen das Bewegliche in allen Punkten der Bahn durch stetige Kraftæusserungen, das ist, durch bestændig erneuerte Sollicitationen bewegender Kræfte getrieben wird, so dass sein Eindringen in alle Theile seiner Bahn, so wie diese aus unaufhœrlich abgeæn-

derten Richtungen zusammen gesetzt ist, nur durch sein mannigfaches und unaufhœrliches Wirken und Gegenwirken mœglich ist: so læsst sich dem idealen relativen Raume nirgends ein Antheil an einer solchen Bewegung zueignen. Denn es ist kein Wirken, kein Eindringen in einen Raum vermœge materieller Kraftæusserungen von demselben denkbar. Man kann folglich ohne leere Tæuschungen keine Zentralbewegung einer Materie für eine Bewegung des relativen Raumes in entgegen gesetzter Richtung halten.

§. 113.

Da jede Bewegungsæusserung, als Wirkung betrachtet, mit einer andern in entgegen gesetzter Richtung unausbleiblich nothwendig zusammenhængt, d. i., mit einer Gegenwirkung verbunden ist: so ist selbst jede Materie als ein bewegungsfæhiges Objekt, als ein Gegenstand æusserer Wahrnehmung nur dadurch mœglich, dass sie bestændig nach allen

gedenkbaren Richtungen Bewegungen æussert. Aber Wirkungen, dynamische Gemeinschaften der Materie setzen ursprüngliche Bewegungskræfte voraus, und wenn sie in ihren gegenseitigen Bewegungsæusserungen beharret, und nur in deren Art und Weise wechselt, so ist solches ohne Vertheilung der ursprünglichen Kræfte (§. 48 und 87.) nicht vorstellbar. In so ferne also jede Materie, oder jedes Quantum Materie der Sinnenwelt ein Gegenstand der Wahrnehmung ist, ist sie nicht anders als durch ein bestændiges Ineinanderwirken der ursprünglich vertheilten Kraftæusserungen mœglich.

DER ALLGEMEINEN

NATURWISSENSCHAFT

SECHSTES HAUPTSTÜCK.

Die Lehre der dynamischen Gemeinschaft und der verschiedenen Verhæltnisse der Naturdinge gegen einander.

§. 114.

Kœrper nennt man jede Materie, in so ferne sie zwischen gewisse ræumliche Grænzen eingeschlossen ist. Ist ein merklicher Widerstand wahrzunehmen, wenn die gegenseitige Lage seiner Theile unter einander veraendert oder verschoben wird, so nennt man den Kœrper *starr*; ist der Widerstand aber vœllig unmerklich, *flüssig*. Jeder Kœrper wird *Naturding* genannt in

Beziehung auf die eingegangenen Bindungen seiner ursprünglichen Kræfte, in so ferne von denselben alle seine individuellen Bestimmungen, seine Aeusserungen gegen andere Kœrper abhængig sind.

§. 115.

Das wechselsweise und unmittelbare Ineinanderwirken aller Kœrper, das von ihrer dynamischen Subsistenz unzertrennlich ist (§. 113.), æussert sich auf eine zwiefache Art: durch Anziehungen und Durchdringungen der einander bis zur Berührung genæherten Flæchen einzelner Individuen, oder ihrer Theile, und durch Anziehungen in allen und jeden Entfernungen. Diese Wirkungen sind Aeusserungen der Gravitation (§. 68.); jene hingegen individuelle Anziehungsæusserungen, die von dem Zustande, von der Verænderlichkeit und von den wirklichen Verænderungen der Bindungsakte abhængig sind, und die man zum Unterschiede von den Anziehungsæusserungen der Gra-

vitation *Aggregationsanziehungen*, *oder Wahlanziehungen* nennt.

ERSTER ABSCHNITT.

Von den gegenseitigen Wirkungen der Kœrper vermœge ihrer Gravitationsæusserungen.

§. 116.

Da alle Kœrper aus ihren Mittelpunkten gegen einander gravitiren (§. 69.), so müssen die Gravitationsæusserungen in dem Inbegriff, oder in dem System aller Kœrper Zentralbewegungen hervorbringen, und nach deren Gesetzen mit Rücksicht auf die Quantitæt der Massen erwogen werden. Man setze für die Massen M, m, für die Wirkungen der Gravitation V, v, für die Umlaufszeiten T, t, für die Entfernungen vom Kræftenpunkte R, r, so ist:

1. $V, v = M : m$; d. h., die Zentralkræfte, oder die Aeusserungen der Gravitation verhalten sich bei gleichen Entfernungen und gleichen Umlaufszeiten

wie die Massen. Daher die Aeusserung der Schwere (§. 68.) allen Kœrpern im Verhæltnisse ihrer Massen eigen sein muss. Daher die Erdkœrper, nach Massgebung ihrer Massen, auf ihre Unterlagen gegen den Mittelpunkt der Erde einen Druck æussern, und nach hinweggenommener Unterlage sich wirklich gegen denselben bewegen. Aber durch die Fliehkraft, die sich mit der Umdrehung der Planeten um ihre Axe æussert, und die am meisten in den Gegenden des Aequators der Schwere entgegen gesetzt ist, muss diese auch auf der Erde in der Næhe des Aequators die grœsste Verminderung erleiden. Daher kann die Masse eines flüssigen Kœrpers nur vermittelst starrer Kœrper zusammen gehalten werden; und hat in verbundenen Rœhren einerlei Hœhe, von was für einer Gestalt auch eine oder die andere derselben sein mag, wenn sie nur nicht allzu enge ist. Daher steht die Entfernung, in welcher verschiedene Kœrper

durch eine gleiche Zentrifugalkraft vom Kræftenpunkte getrieben werden, mit der Dichtigkeit der Kœrper im Verhæltnisse. So wird in einer geneigten Rœhre, die schnell in einem Kreise bewegt wird, das Quecksilber oberhalb des Wassers getrieben.

2. $V : v = \frac{MR}{T^2} : \frac{mr}{t^2}$ (§. 106 N.° IV.); und bei gleichen Massen $V : v = \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$. Es sei R die mittlere Entfernung eines Planeten von der Sonne, T seine Umlaufszeit: so ist V, die Schwere eines Kœrpers gegen eben diesen Planeten, $= \frac{R}{T^2}$; d. i., der Quotient aus der mittlern Entfernung des Planeten, von dem Mittelpunkte der Sonne durch das Quadrat der Umlaufszeit des Planeten; und wenn ferner r der Halbmesser eines Planeten ist, und t die Umdrehungszeit um seine Axe: so ist seine Fliehkraft $v = \frac{r}{t^2}$. Es verhælt sich demnach auch bei gleichen Massen $R : r = V T^2 : v t^2$; und $\sqrt{R} : \sqrt{r} = T : t$

bei gleichen Massen und gleichen Zentralkræften; und endlich $V : v = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$ bei gleichen Massen und gleichen Entfernungen.

3. $V : v = Mr : mR$ bei ungleichen Umlaufszeiten (§. 106 N.° III.); und folglich sind die Wirkungen der Gravitation bei ungleichen Umlaufszeiten gleich, wenn sich die Massen wie ihre Entfernungen vom Kræftenpunkte verhalten.

4. $T^2 : t^2 = R^3 : r^3$ (§. 106 N.° VI.), weil die Gravitation überhaupt im verkehrten Verhæltnisse der Quadrate der Entfernungen ist (§. 69.); d. h., die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne. Hieraus ergibt sich, dass die Kræfte, die die Planeten in ihren Bahnen erhalten, Zentralkræfte sind, deren Wirkungen sich wie die Quadrate der mittlern Entfernungen von der Sonne verhalten (§. 106 N.° V.). Ein gleiches Gesetz muss aber auch

von der Schwere überhaupt gelten, so dass auch aus diesem Grunde die Aeusserungen derselben in den abgeplatteten Polargegenden, so wie auch in tiefen Thælern grœsser als auf Anhœhen, oder in der Næhe des Aequators, sein müssen; und ein gleiches Gesetz von den Gravitationsæusserungen der Hauptplaneten auf ihre Trabanten. Daher auch die Bahnen der um die Sonne bewegten Planeten Ellipsen sind (§. 109.). Es sei nun r der Halbmesser der Sonne, V die Gravitation eines Trabanten gegen seinen Planeten, v die Gravitation eines Kœrpers, der von gleicher Masse mit dem Trabanten ist, an dem æussern Umfange der Sonne, R die mittlere Entfernung des Trabanten: so ist, weil $V : v = r^2 : R^2$, $v = \frac{VR^2}{r^2}$; und nach substituirtem Werthe von $V = \frac{R}{T^2}$ (N.° 2.), erhælt man $v = \frac{R^3}{T^2 r^2}$. Diesemnach verhælt sich die Schwere zur Fliehkraft überhaupt $= \frac{R^3}{T^2 r^2} : \frac{r}{t^2}$ (N.° 2.)

$= R^3 t^2 = r^3 T^2$; d. i., wie das Produkt aus der Kubikgrœsse der mittlern Entfernung des Trabanten in das Quadrat der Umdrehungszeit des Planeten um seine Axe zum Produkte aus der Kubikgrœsse des Halbmessers des Planeten in das Quadrat der Umlaufszeit seines Trabanten.

§. 117.

Um die Bewegung eines jeden Hebels in der Richtung der an den HebelEnden wirkenden Kræfte zu verhindern, muss nothwendig eine mit diesen gleiche Summe von Bewegungsæusserungen in der Unterlage widerstehen. Es kann aber auch offenbar der Hebel dadurch nicht aus seinem Gleichgewichte gebracht werden, dass man die Kræfte von den HebelEnden entfernt, und sie unmittelbar oberhalb des Ruhepunktes vereinigt. Da nun $a : b = bc : ac$ (§. 98), und also $a + b : b = ab : bc$, und $a + b : a = ab : ac$: so ist $bc = \frac{ab \cdot b}{a + b}$, und $ac = \frac{ab \cdot a}{a + b}$; und folglich ist

jederzeit die Stelle der Unterlage durch die Længe des Hebels und durch das Verhæltniss der an demselben angebrachten Kræfte unabænderlich bestimmt, so dass auch ein Ruhepunkt anzugeben ist, wenn bei einer Vereinigung der Kræfte *a*, *b* in *c* zugleich andere Bewegungskræfte an beliebigen Punkten des Hebels wirken. Hieraus ist also gar leicht begreiflich, dass ein jeder schwerer Kœrper als eine Zusammensetzung schwerer Punkte an geradlinigen Hebeln angesehen werden kann, die einen gemeinschaftlichen Ruhepunkt haben, und eben diesen belegt man mit dem Namen des *Schwerpunktes* oder des *Mittelpunktes der Schwere* (centrum gravitatis). Jeder Kœrper wird daher in der Richtung der Bewegung seines Schwerpunktes getrieben, die *Direktionslinie*, *senkrechte*, *lothrechte*, oder *vertikale Linie* genannt wird; und die Bewegung in dieser Linie nennt man den *Fall* des Kœrpers.

§. 118.

Der Fall eines jeden Kœrpers kann nothwendig nur durch die Unterstützung des Schwerpunktes in seiner Direktionslinie verhindert werden. Hingegen muss der Kœrper bei einer Unterstützung ausserhalb dieser Linie nach der Seite, wo sein Uebergewicht ist, sinken, bis sein Schwerpunkt unter den Ruhepunkt gelangt ist. Daher bezeichnet ein Faden, an welchem ein Kœrper frei herabhængt, dessen Direktionslinie; und wo zwei solche Richtungslinien aus dem verlængerten Faden einander durchschneiden, nachdem man den Kœrper von zweien nicht gerade entgegen gesetzten Seiten aufgehængt hat, da ist der Schwerpunkt des Kœrpers. Man findet aus demselben Grunde die Ebene der Schwere, oder den Schwerpunkt, wenn man den Kœrper von verschiedenen Seiten auf der Kante eines Prisma schieben læsst, bis dieses seine unterstützende Unterlage geworden ist. Dass aber die Di-

rektionslinien mit den einander durchschneidenden Erdhalbmessern zusammen stossen, hindert nicht, sie in geringen Entfernungen als parallel anzusehen, und man nennt die Linie, oder Ebene, worauf sie als senkrecht angesehen werden kœnnen, *Horizontallinie*, *Horizontalebene* (linea horizontalis, planum horizontale); eine Ebene aber, die auf dieser geneigt ist, eine *schiefe Ebene*, oder *schiefe Flæche* (planum inclinatum).

§. 119.

Es ist offenbar, dass die Bewegung der Kœrper, bei welcher die ihnen beiwohnende Schwere unverændert wirkt, nothwendig gleichfœrmig beschleunigt ist (§. 107 und 116 N.° 1.), und daher die Ræume, die sie bei ihrem freien Fall sowohl als bei ihrem Fall in schiefer Richtung, oder von einer schiefen Ebene durchlaufen, sich jederzeit wie die Quadrate der Zeiten verhalten müssen, und die Endgeschwindigkeit, die man die *zur Fall-*

hœhe gehœrige Geschwindigkeit nennt, wie die Quadratwurzel der Ræume, u. s. w. Hieraus ergibt sich die Art und Weise, Ræume, Zeiten, oder Geschwindigkeiten beim Falle der Kœrper zu bestimmen:

1. Es sei die Fallhœhe eines Kœrpers in der ersten Sekunde G, so hat man für die Fallhœhe S in T Sekunden: $1 : T^2 = G : S$, also $S = G T^2$, und $T = \sqrt{\frac{S}{G}}$. Man weiss nun durch Versuche, dass die Fallhœhe in der ersten Sekunde 15,625 rheinlændische Fuss betrægt. Folglich ist die Fallhœhe in 4 Sekunden $4^2 . 15{,}625 = 250$ Fuss; die Zeit einer Fallhœhe von 62,5 Fuss $\sqrt{\frac{62{,}5}{15{,}625}} = \sqrt{4} = 2$ Sekunden; und da die Fallhœhe für eine gewisse Zeit das Produkt aus der ihr entsprechenden ungeraden Zahl in die Fallhœhe der ersten Sekunde ist, so ist z. B. die Fallhœhe in der dritten Sekunde $5 . 15{,}625 = 78{,}125$.

2. Für eine gleichfœrmige Bewegung würde der Raum sein $2 S = 2 G T^2$. Es

sei die Grœsse einer jeden Beschleunigung K, so ist nach T Zeit, $C = KT$, und also würde ein Kœrper mit dieser Geschwindigkeit in einer gleichfœrmigen Bewegung einen Raum $KT \cdot T = KT^2$ durchlaufen. Mithin $KT^2 = 2\,GT^2$, und $K = 2\,G$. In T Sekunden ist folglich $C = 2\,GT$, und also $T = \frac{C}{2\,G}$. Es ist aber auch $T = \sqrt{\frac{S}{G}}$ (N.° 1.). Folglich $\frac{C}{2\,G} = \sqrt{\frac{S}{G}}$, und $C = \frac{2\,G\sqrt{S}}{\sqrt{G}} = \frac{2\sqrt{GGS}}{\sqrt{G}} = 2\sqrt{GS}$. Es sei demnach ein Kœrper durch einen Raum von 1000 Fuss gefallen, so ist seine erlangte Geschwindigkeit $2\sqrt{15{,}625 \cdot 1000} = 2\sqrt{15625} = 2 \cdot 125 = 250$.

3. Substituirt man den Werth $T = \frac{C}{2\,G}$ (N.° 2.) in $S = GT^2$ (N.° 1.), so ist $S = \frac{GC^2}{4\,G^2} = \frac{C^2}{4\,G}$. Man sucht die Fallhœhe S, wodurch ein Kœrper die Geschwindigkeit erlangen soll, 250 Fuss in einer Sekunde zu durchlaufen: so hat man $S = \frac{250^2}{4 \cdot 15{,}625} = \frac{62500}{62{,}5} = 1000$ Fuss.

§. 120.

Jedes Bewegungsvermœgen, das einem Kœrper ertheilt wird, einen Raum nach irgend einer Richtung zu durchlaufen, heisst ein *Wurf* (jactus, projectio), und die Bewegung selbst *Wurfbewegung* (motus projectorum s. projectilium).

§. 121.

Da die Schwere jedesmal in der Direktionslinie zu unaufhœrlichen Beschleunigungen sollicitirt, so müssen Wurfbewegungen in einer dieser gerade entgegen gesetzten Richtung gleichfœrmig verzœgert werden (§. 94.); so wie sie in der Direktionslinie selbst gleichfœrmig beschleunigt sein müssen. Es ist daher in die Augen fallend, dass die Geschwindigkeit, durch welche ein Kœrper bis zu einer gewissen Hœhe geworfen werden soll, mit jener einerlei sein muss, die er nach einem Falle von derselben Hœhe haben würde; und wenn er also mit eben

der Geschwindigkeit, die er durch einen Fall erlangt hat, in die Hœhe getrieben wird, so steigt er nicht hœher als bis zu jenem Punkte, aus welchem er vorher gefallen ist. Geschieht der Wurf in einer die Direktionslinie durchschneidenden Richtung, so würde man die Bahn der Bewegung durch einen Kegelschnitt bezeichnen müssen; der Erde Mittelpunkt würde als der Kræftenpunkt, und die Entfernung desselben als der Vektor anzusehen sein: wære nicht in allen Punkten dieser Bahn Widerstand vorhanden, der dem bewegten Kœrper sehr bald alle ihm mitgetheilte Geschwindigkeit entzieht. Man denkt sich daher den Kræftenpunkt in einer unendlichen Entfernung, und verbindet die gleichfœrmige, mehr oder weniger horizontale Bewegung, die der Wurf dem Kœrper mittheilt, mit der gleichfœrmig beschleunigten, oder verzœgerten Bewegung, die die Schwere in der Direktionslinie wirkt; woher sich als-

dann ergibt, dass die Bahn eine nicht sehr ausgebreitete parabolische Linie ist.

§. 122.

Es mag die Bewegung eines Kœrpers senkrecht oder horizontal sein: so sind es unstreitig dieselben Bewegungskræfte, wodurch er gleiche Ræume während einer gegebenen Zeit durchlæuft. Bei einer horizontalen kreislinigen Bewegung wirken also die Fliehkræfte nur alsdann mit der Schwere gleich, wenn die Geschwindigkeit der Bewegungen, durch welche der Kœrper gegen die Tangenten hin unaufhœrlich gelenkt wird, mit der Geschwindigkeit einerlei ist, die eine Fallhœhe von der Grœsse des halben Halbmessers in ihm hervorbringen würde. Es sei *b e* Fig. 12 ein sehr kleiner Bogen eines solchen Kreises, und die nach *b* gezogene Tangente *b d* dem Halbmesser *c b* gleich. Wenn nun die zur Fallhœhe $\frac{c\,b}{2} = g\,b$ gehœrige Geschwindigkeit mit

der Geschwindigkeit der Bewegungen einerlei ist, die von der Fliehkraft gewirkt werden: so bewegt sich ein Kœrper gleichfœrmig mit derselben durch den Raum bd, wæhrend er senkrecht durch gb gehen würde. Es sei ferner $bf^2 : bd^2 = gh : gb$, so ist auch $bf : bd = 2\sqrt{gh} : 2\sqrt{gb}$; d. h., wenn der Kœrper mit der zur Fallhœhe gb gehœrigen Geschwindigkeit den Raum bd gleichfœrmig durchlæuft, so durchlæuft er den Raum bf mit der zur Fallhœhe gh gehœrigen Geschwindigkeit (§. 119 N.° 2.). Aeussert nun die Fliehkraft gleiche Wirkungen mit der Schwere des Kœrpers, so muss ef, næmlich ihre Bewegungsæusserungen wæhrend der Bewegung des Kœrpers durch den Bogen be, der Linie gh gleich sein. Die Gleichheit dieser Linien ergibt sich aus dem Folgenden: Es ist $bf^2 = af . ef$, also auch $bf^2 . \frac{af}{4} = \frac{af^2}{4} . ef$. Mithin $bf^2 : \frac{af^2}{4} = ef : \frac{af}{4}$. Nun ist $\frac{af^2}{4} = \frac{ae^2}{4} =$

$cb^2 = bd^2$, und $\frac{af}{4} = \frac{ab}{4} = gb$. Also $bf^2 : bd^2 = ef : gb$. Es ist aber auch $bf^2 : bd^2 = gh : gb$. Folglich $ef : gb = gh : gb$, und $ef = gh$. Da bei einem solchen Gegeneinanderwirken der Fliehkraft und der Schwere offenbar die Aeusserungen dieser unbemerkbar werden müssen, so begreift man, wie bei einer schnellen kreislinigen Bewegung eines offenen Gefæsses mit einer tropfbaren Flüssigkeit kein Ausfliessen derselben mœglich ist. Man denke sich nun den Fall eines Kœrpers durch die Hælfte des Erdhalbmessers; da würde seine Endgeschwindigkeit sein $2\sqrt{15{,}625 . 10151171}$ (§. 119 N.° 2.) $= 2\sqrt{158612046{,}875} = 2 . 12594{,}127 = 25188{,}254$ Fuss. Es ist aber auf dem Aequator die Geschwindigkeit, die die Erde bei ihrer Umdrehung erzeugt, eine Bewegung von 1476,427 Fuss in einer Sekunde. Mithin muss die Fliehkraft auf dem Aequator eine siebenzehn-

mal grœssere Geschwindigkeit wirken, als die Geschwindigkeit ist, die die Erde bei ihrer Umdrehung hervorbringt, wenn sie mit der Schwere von gleicher Grœsse sein soll.

§. 123.

Absolutes Gewicht (pondus, s. pondus absolutum) ist das Wirkungsvermœgen, oder der Druck eines Kœrpers vermœge seiner Schwere. Eben dieses Wirkungsvermœgen, in Beziehung auf den Umfang oder den Rauminhalt des Kœrpers, nennt man sein *eigenthümliches Gewicht*, oder seine *eigenthümliche Schwere* (pondus specificum, s. gravitas specifica). Heissen die absoluten Gewichte P, p, die eigenthümlichen G, g, die Umfænge V, v: so ist

1. $G : g = P : p$; d. h., Kœrper von gleichen Umfængen verhalten sich in ihrer eigenthümlichen Schwere, wie ihre absoluten Gewichte.

2. $G : g = v : V$; d. h., Kœrper von gleichem absoluten Gewichte verhalten

sich in ihrer eigenthümlichen Schwere verkehrt, wie ihre Umfænge.

3. $G : g = P v : p V = \frac{V}{P} : \frac{p}{v}$; d. h., die eigenthümliche Schwere der Kœrper verhælt sich überhaupt wie die Produkte ihrer absoluten Gewichte in die verkehrten Umfænge, oder wie die Quotienten ihrer absoluten Gewichte durch die Umfænge. Bei der Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte einzelner Kœrper hat man daher auch auf alles das Rücksicht zu nehmen, wodurch ihre absoluten Gewichte, oder ihre Umfænge verændert sein kœnnten. Dahin gehœren die Wirkungen der Aggregationsanziehungen, und eben so auch Feuchtigkeit und Wærme.

§. 124.

Die Wirkungen der Schwere eines Kœrpers, wodurch er sich an einer schiefen Ebene herabbewegt, nennt man sein *relatives Gewicht*, oder seine *relative Schwere*. Sie verhalten sich zum abso-

luten Gewichte wie die Hœhe der Ebene zu ihrer Længe; und der Druck, den der Kœrper zugleich gegen die Ebene æussert, wie die Grundlinie derselben zu ihrer Længe. Es sei *c b* Fig. 13 die Længe, *c a* die Hœhe, und *a b* die Grundlinie der Ebene; *e* der Schwerpunkt des Kœrpers, und *ef* die Direktionslinie: so kann man die Wirkungen des absoluten Gewichts durch *e f* ausdrücken, und sie als zusammen gesetzt aus den Bewegungsæusserungen *e h* und *e g* betrachten (§. 28.). Hat man nun die Linie *e h* parallel mit *c b*, und die Linie *e g* senkrecht auf *c b* gezogen: so ist jene dem relativen Gewichte des Kœrpers, und diese seinem Drucke gegen die Flæche gleich; und *efg* und *a c b* sind æhnliche Dreiecke, weil die Winkel *egf* und *c a b*, und die Winkel *efg* und *b c a* einander gleich sind. Also ist *g f*, oder $eh : ef = ac : cb$, und $eg : ef = ab : cb$. Daher die Vortheile bei der Anwendung geneigter

Flæchen zur Hebung betræchtlicher Lasten; daher die Vortheile, die in æhnlicher Absicht die Schraube gewæhrt; daher die Leichtigkeit, mit welcher der Keil und jede schneidende oder stechende Instrumente den ihnen entgegen gesetzten Widerstand überwinden.

§. 125.

In gleichen Zeiten verhælt sich der von einem Kœrper auf einer schiefen Ebene zurückgelegte Raum zu dem Raume des freien Falles desselben, wie die Hœhe der Ebene zu ihrer Længe. Denn offenbar treibt eine Bewegungskraft eh einen Kœrper durch den Raum eh, wæhrend eine andere ef denselben Kœrper durch den Raum ef bewegen würde. Aber $eh : ef = ac : bc$. Daher sind die Grænzen der Wege, die an den beiden Ebenen ce und cb Fig. 14 ein auf ihre obersten Punkte gelegter Kœrper in der Zeit seines freien Falles durch ca durchlæuft, die Durchschnittspunkte der aus a

auf ce und cb senkrechten Linien. Denn caf und cae sind æhnliche Dreiecke, und eben so auch cad und cab; und folglich $cf : ca = ca : ce$, und $cd : ca = ca : cb$. Wenn man also mit der Hælfte der Linie ca einen Kreis beschreibt, so würde sich ein schwerer Punkt, in der Zeit seines freien Falles durch den Durchmesser ca, durch irgend eine Sehne cf, oder cd herabbewegen kœnnen. Also bewegen sich schwere Punkte durch alle Sehnen eines Kreises in gleichen Zeiten, und die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen sind im Verhæltnisse der Sehnen.

§. 126.

Es sei T die Zeit der Bewegung eines schweren Punktes durch ce, und t die Zeit seiner Bewegung durch cf: so ist $T^2 : t^2 = ce : cf$. Da nun $cf : ca = ca : ce$, und also $cf = \frac{ca^2}{ce}$: so ist auch $T^2 : t^2 = ce : \frac{ca^2}{ce}$, und mithin $T : t = ce : ca$. Also ist bei unverænderter

Hœhe die Dauer der Bewegung eines Kœrpers auf einer schiefen Flæche mit ihrer Længe im geraden, und mit ihrem Neigungswinkel e im verkehrten Verhæltnisse.

§. 127.

Es sei V die Bewegungskraft des absoluten Gewichtes eines Kœrpers bei seinem freien Falle durch ca, v die Bewegungskraft der relativen Schwere desselben bei seinem Herabfallen durch cf, C die Geschwindigkeit in ca, und c die Geschwindigkeit in cf: so ist $V : v = ca : cf$, weil die Zeiten gleich sind (§. 93 und 125.), und $V : v = \frac{C^2}{ca} : \frac{c^2}{cf}$. Mithin $C : c = ca : cf$. Es sei ferner k die Geschwindigkeit der Bewegung des Kœrpers durch ce: so ist $c : k = t : T = ca : ce$ (§. 126.). Mithin $Cc : ck = ca^2 : cf.ce$, oder $C : k = ca^2 : cf.ce$. Da nun $ca^2 = cf.ce$, so ist $C = k$; d. h., ein Kœrper, der an einer geneigten Flæche um eine gewisse Hœhe hinabsinkt, erlangt dadurch

immer dieselbe Geschwindigkeit, die ein freier Fall von derselben Hœhe in ihm erzeugen würde; sie verhælt sich also immer wie die Quadratwurzel der senkrechten Hœhe. In eben diesem Verhæltnisse ist auch nothwendig die Geschwindigkeit eines Kœrpers, der von mehrern an einander gefügten schiefen Flæchen herabfællt, nur muss die Art ihrer Zusammensetzung dem Falle des Kœrpers von einer Ebene zur andern keinen Widerstand entgegen setzen, wodurch seine Geschwindigkeit geschwæcht werden würde.

§. 128.

Wenn ein Kœrper mit der Geschwindigkeit, die er nach seinem Herabrollen von einer abschüssigen Ebene an ihrem untersten Punkte hat, an eben derselben in die Hœhe getrieben wird: so erreicht er nothwendig den Scheitel der Ebene; aber auch die Zeit seines Aufsteigens ist nothwendig der Zeit seines vorherigen

Herabsinkens vœllig gleich. Es ist aber auch gar leicht einzusehen, dass die Gesetze der Bewegung an geneigten Ebenen auch ihre Anwendung auf Bewegungen in krummen Linien haben, indem diese als ein System unendlich kleiner geneigter Ebenen betrachtet werden kœnnen.

§. 129.

Ein *einfaches Pendel* nennt man jeden schweren Punkt *c* Fig. 15, der an einer festen Linie *a c* so angebracht ist, dass er sich zugleich mit derselben um einen unbeweglichen Punkt *a* ungehindert drehen kann. Der Punkt *a* wird *Aufhængungspunkt* (punctum s. centrum suspensionis) genannt, und *a c*, oder seine Entfernung von dem schweren Punkte, die *Pendellænge.*

§. 130.

Es sei das Pendel aus seiner vertikalen Lage in *d* gebracht, *a d* bis *g* verlængert, und *d h* auf *a g* senkrecht: so kann die Bewegungsæusserung der Schwere nach

der Direktionslinie $d f$ als eine mittlere Bewegung, oder als die Diagonale des Parallelogramms $d\ g\ f\ h$ angesehen werden; und folglich kann sich der schwere Punkt nur vermœge seiner relativen Schwere $d\ h$ von seiner Stelle herabbewegen, und so wird er durch ein System unendlich kleiner geneigter Ebenen bis c fallen. Wenn aber auch gleich die Zunahme seiner Geschwindigkeit nicht vœllig gleichfœrmig sein kann, weil die Hœhen der Ebenen gegen c immer mehr und mehr abnehmen: so hat er gleichwohl in diesem tiefsten Punkte die Geschwindigkeit, die eine senkrechte Fallhœhe $k c$ in ihm erzeugt haben würde. Da nun die steife Linie die Richtung seiner Schwere verændert hat: so steigt er mit einer beinahe vœllig gleichfœrmig verzœgerten Bewegung durch den Bogen $c e = c d$, und von e geht er eben so wiederum zurück nach d, und so unaufhœrlich, bis er auf irgend eine Weise seine Geschwin-

digkeit verlohren hat. Eine Bewegung dieser Art nennt man *Schwingung* (oscillatio, vibratio); jeden Hingang, oder Rückgang in *d e* einen *Pendelschlag*, oder einen *einfachen Schwung* (oscillatio dimidiata, vibratio simplex); die Zeit, worin derselbe erfolgt, *Schwingungszeit;* einen Hingang sammt einem Rückgange, einen *zusammen gesetzten Schwung* (oscillatio composita). Schwingungen, die in gleichen Zeiten vollendet werden, werden *isochronische* genannt; und endlich der Winkel, den das Pendel bei jedem Schlage mit der Vertikallinie *a c* bildet, *Elongationswinkel.*

§. 131.

Die Schwingungszeit hængt ab

1. von der Pendellænge. Sie verhælt sich næmlich bei gleichen Elongationswinkeln, wie die Quadratwurzel der Pendellænge. Denn man hat hier für die Bahnen der Bewegung Kreisbogen; und diese sind æhnlich, weil die Elongations-

winkel gleich sind. Es verhalten sich aber die Schwingungszeiten wie die Quadratwurzeln der Bogen, folglich auch wie die Quadratwurzeln ihrer Halbmesser, oder wie die Quadratwurzeln der Pendellængen. Man setze für die Schwingungszeiten T, t, für die Pendellængen L, l, für die Schwingungsanzahlen N, n: so ist $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$. Allein $T : t = n : N$. Folglich $n : N = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, d. h., die Schwingungsanzahlen verhalten sich in gleichen Zeiten verkehrt wie die Quadratwurzeln der Pendellængen.

2. von der Grœsse der Elongationswinkel: denn wie diese, so verhalten sich die Schwingungsbogen. Es sei t die Zeit des Falles eines schweren Punktes durch einen sehr kleinen Bogen, der z. B. nicht über sechs bis sieben Grade hat; T die Zeit, worin derselbe Punkt durch den Durchmesser d herabgeht; und π das Verhæltniss des Kreises zum Durchmes-

ser: so ist $T:t = \sqrt{\frac{d}{g}} : \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{d}{g}} = 1 : \frac{\pi}{4}$ $= 113 : \frac{355}{4} = 1,000 : 0,785$. Wenn demnach das einfache Pendel in sehr kleinen Bogen schwingt, so verhælt sich die Zeit seines ganzen Schwunges zur Zeit, in welcher der schwere Punkt durch die doppelte Pendellænge herabsteigen würde, $= \pi : 1$, oder wie der Kreis zum Durchmesser. Hieraus folgt, dass Schwingungen in Kreisbogen nur alsdann isochronisch sind, wenn sie unendlich klein sind. Da nun ein schwerer Punkt jede Sehne eines Kreises in gleichen Zeiten durchlæuft (§. 125.), und folglich sich immer die Zeit eines ganzen Schwunges in Sehnen zu der Zeit verhælt, worin die doppelte Pendellænge vom schweren Punkte durchlaufen werden kann, $= 4 : 1$: so sieht man, dass Schwingungen in Sehnen jederzeit isochronisch sind, von was für einer Grœsse sie auch sein mœgen; und dass ein Pendel schneller in

Kreisbogen als in Sehnen schwingt. Weiss man aber die Zeit, worin ein Pendel durch unendlich kleine Bogen schwingt: so findet man seine Schwingungszeit durch jeden andern Bogen *d c e* auf folgende Weise: Man multiplicirt jene gegebene Zeit mit einem Bruch, dessen Zæhler die Hœhe *k c*, und dessen Nenner die achtfache Længe des Pendels ist: so gibt das Produkt die Grœsse der Zeit, die man zur Zeit der unendlich kleinen Schwingungen hinzusetzen muss.

3. von den Kraftæusserungen der Schwere. Næmlich die Schwingungszeit verhælt sich verkehrt wie die Quadratwurzel der Schwere. Denn V, die Kraftæusserung der Schwere, ist $= \frac{S}{T^2}$ (§. 93.) $= \frac{L}{T^2}$ (N.° 1.). Also bei gleichen Pendellængen und gleichen Elongationswinkeln $T = \frac{1}{\sqrt{V}}$. Folglich sind die Schwingungszeiten bei gleichen Elongationswin-

keln gleich, wenn sich die Pendellænge wie die Schwere verhælt. Man kann daher durch Hülfe des Pendels die Kraftæusserung der Schwere allerwærts auf einem jeden Theile der Erdflæche bestimmen.

§. 132.

Jeder schwingende Kœrper hat an dem niedrigsten Punkte seiner Bahn eine Geschwindigkeit, die sich wie die Sehne des von ihm durchlaufenen Bogens verhælt. Es seien auf dem Durchmesser dc Fig. 16 fg und bh senkrecht, und fac der Elongationswinkel eines schwingenden Pendels, und bac der Elongationswinkel eines andern: so hat der schwere Punkt des ersten Pendels in c die Geschwindigkeit $\sqrt{gc}$, und der schwere Punkt des andern in c die Geschwindigkeit $\sqrt{hc}$. Nun ist $fc^2 = gc \, . \, cd$, und $bc^2 = hc \, . \, cd$; mithin $\sqrt{gc} = \frac{fc}{\sqrt{cd}}$, und $\sqrt{hc} = \frac{bc}{\sqrt{cd}}$. Folglich $\sqrt{gc} : \sqrt{hc} = fc : bc$.

§. 133.

Ein einfaches Pendel, dessen sehr kleine Schwingungen Sekunden dauern, nennt man ein *einfaches Sekundenpendel.* Da die Zeit eines sehr kleinen einfachen Schwunges: $1 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{d}{g}}$ (§. 131 N.o 2.), so ist $1 = \frac{\pi^2 d}{4g}$, $4g = \pi^2 d$, und $g = \frac{\pi^2 d}{2 \cdot 2}$. Folglich $g : \frac{d}{2} = \frac{\pi^2}{2} : 1$; d. h., der Raum, den ein frei fallender Kœrper in der ersten Sekunde durchlæuft, verhælt sich zur Længe des einfachen Sekundenpendels wie die halbe Quadratzahl von $\frac{355}{113} = \frac{3,1415926^2}{2} = 4,9348022 : 1 = 1 : 0,2026423$. Das Produkt dieser Zahl in die Fallhœhe der ersten Sekunde, 15,098 Pariser Fuss, oder 4,9043396660194 Métres, gibt die Længe des Sekundenpendels für Paris: 440,57 Linien, oder 0,993827 Métres. Es ist ferner $g = 4,9348022 \cdot \frac{d}{2} = 2174,074$ Linien, oder 15,098 Pariser Fuss, oder 15,625 rheinlændische Fuss.

§. 134.

Ein Pendel, das aus einer durchaus schweren Masse besteht, z. B. aus einem Faden, oder aus einer Stange mit einer daran hængenden Kugel, ist als ein System von Pendeln anzusehen, deren Længe mit ihrer Entfernung vom Aufhængungspunkte zunimmt. Man nennt daher dieses Pendel ein *zusammen gesetztes.* Jedes der untern Pendel würde für sich, oder ausser der Verbindung mit den kürzern Pendeln, die sich über ihm befinden, langsamer schwingen. Folglich muss das einfache Pendel, das isochronisch mit einem zusammen gesetzten schwingen soll, kürzer sein. Die Længe des ersten hat in diesem einen Grænzpunkt, den man mit dem Namen des *Schwingungspunktes,* oder des *Mittelpunktes der Schwingung* (centrum oscillationis) belegt. In diesem Punkte hat man sich die vereinigte Kraftæusserung aller schweren Theile des zusammen gesetzten Pendels vorzustellen,

und daher ist seine Entfernung von dem Aufhængungspunkte die eigentliche Pendellænge, nach welcher die Schwingungen dieses Pendels erfolgen. Wenn aber der Schwingungspunkt eines solchen Pendels dem Mittelpunkte sehr nahe sein soll, so muss dasselbe aus einem sehr zarten Faden und einer schweren Kugel bestehen, deren Halbmesser nicht über eine Linie hælt.

ZWEITER ABSCHNITT.

Von dem gegenseitigen Verhalten der Kœrper und ihrer Bestandtheile, vermœge der Wirkungen, die die Aggregationsanziehungen æussern.

§. 135.

Alle individuelle Bestimmungen, alle Verhaltungsweisen eines jeden Kærpers gegen jeden andern hængen unverænderlich mit den in jedem Naturdinge vertheilten ursprünglichen Kraftæusserungen zusammen. Alle Verænderungen eines

Kœrpers sind daher in Verænderungen der Bindungsakte seiner Urkræfte, oder in verænderten Neigungen zu Bindungen gegründet, die sich in ihm entwickeln, so bald er in einen Wirkungskreis versetzt wird, der von seinem vorherigen verschieden ist. Also sind alle Verænderungen eines Kœrpers von den verænderten Aggregationsanziehungen abhængig, die entweder zur niedrigsten Stufe ihrer Wirkungen, das ist, zu Flæchenanziehungen gehœren, oder zu hœhern Stufen derselben, das ist, zu wechselseitigen Durchdringungen, bei welchen bald Trennungen der Kœrper in ungleichartige Individuen, bald Verbindungen ungleichartiger Individuen in einen durchaus gleichartigen Kœrper erfolgen. Die Wirkungen letzterer Art nennt man *chemische Prozesse.*

§. 136.

Die durch chemische Prozesse erzeugten Verbindungen belegt man mit dem

Namen *Mischungen*, *Zusammensetzungen* (synthesis, mixtio); die Trennungen hingegen *Scheidungen*, und den Kœrper, der abgesondert wird, *Edukt;* und endlich die Rezeptivitæten der Kœrper zu solchen Wahlanziehungen, *chemische Verwandtschaft* (affinitas chemica). Von dieser gibt es folgende Arten:

a) *Anneignende Verwandtschaft* (affinitas approprians); sie wird unter zwei Kœrpern durch die Aeusserungen der Aggregationsanziehungen eines dritten erzeugt, den man auch deshalb *Anneignungsmittel* (corpus approprians) nennt. Ein solches ist z. B. Kali, um Wasser mit Oel oder mit jeder fettigten Substanz zur Seife zu verbinden.

b) *Zusammensetzende*, *mischende Verwandtschaft*, *Verbindungsverwandtschaft* (affinitas compositionis, mixtionis, synthetica): die Wahlanziehung bringt blosse Verbindungen hervor.

c) *Wahlverwandtschaft* (affinitas electiva): mit der Verbindung erfolgt zugleich auch eine Scheidung. Die Rezeptivitæt der Kœrper, Verbindungen solcher Art unter einander einzugehen, nennt man *næhere Verwandtschaft.*

aa) Bei einer einfachen Scheidung und Mischung wird die Wahlverwandtschaft eine *einfache* (affinitas electiva simplex) genannt. Harz, der in Weingeist aufgelœst worden, scheidet sich von demselben, wenn Wasser hinzugethan wird, das sich alsdann mit dem Weingeiste verbindet. Eben so verbindet sich Kali mit der Schwefelsæure des Alauns, und eben so die Schwefelsæure mit dem Kali der Seife; und bei jener Verbindung scheidet sich die Thonerde, bei dieser das Oel. Eine Scheidung dieser Art heisst *Niederschlagung* (præcipitatio); der hinzugethane Kœrper, durch welchen sie erfolgt, *Fællungsmittel*, oder *Niederschlagungsmittel* (præcipitans); und der ab-

gesonderte Kœrper *Niederschlag* (præcipitatum).

bb) Bei einer zwiefachen, oder vielfachen Verbindung und Scheidung nennt man die Wahlverwandtschaft eine *doppelte*, oder *vielfache* (affinitas electiva duplex, s. multiplex). Wenn schwefelsaures Kali (arcanum duplicatum) und salpetersaures Quecksilber zusammen gebracht werden, so scheidet sich die Salpetersæure vom Quecksilber, und verbindet sich mit dem Kali, wæhrend sich die scheidende Salpetersæure mit diesem verbindet.

cc) Wahlverwandtschaften, die sich erst bei Verbindungen einzelner Theile der Kœrper unter einander entwickeln, führen den Namen *vorbereitende* (affinitas electiva prædisponens). Man bringe Zucker in vollkommene, oder konzentrirte Schwefelsæure, so entwickelt sich Wasser aus dem Zucker, der die Schwefelsæure verdünnt, und die übrigen Theile bringen

durch ihre Verbindung mit dem Kohlenstoff des Zuckers Essigsæure hervor.

§. 137.

Wenn Kœrper ihren Mischungszustand unter einander verændern, oder in einander eindringen sollen: so muss wenigstens einer derselben flüssig, oder durch seine Verbindung mit einem flüssigen Kœrper in einen flüssigen Zustand versetzt worden sein. Jede Verbindung eines starren Kœrpers mit einem flüssigen heisst *Auflœsung* (solutio). Wegen des Antheils, den die Flüssigkeit an dieser Verbindung hat, wird der flüssige Kœrper *Auflœsungsmittel* (menstruum solvens), der starre hingegen der *aufzulœsende Kœrper* genannt. Da offenbar nur ein gewisses Quantum eines jeden von beiden sich mit einem gewissen Quantum des andern zu einem Kœrper eigner Natur verbinden kann: so nennt man jenen Zustand, worin eine gewisse Quantitæt des einen das grœsste Quantum des an-

dern durch diese Verbindung verændert hat, *Sættigung* (saturatio).

§. 138.

Unwandelbare Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten, die sich so allgemein bei den Mischungsveränderungen der Kœrper æussern, konnten dem sorgfæltigen Beobachter nicht lange unbekannt bleiben, mussten Einheit in der unendlichen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen vermuthen lassen. Man setzte daher mit Grunde alles Unverænderliche in unverænderliche Bestandtheile der Kœrper, und belegte sie mit dem Namen *Grundstoffe*, *Urstoffe*, *einfache Stoffe*, *Uranfænge* (elementa, principia prima s. primitiva). In der That macht ihre Begründung objektive Erfahrungen mœglich, in so ferne sie für alle Naturbegebenheiten einen sichern Standpunkt gewæhren, aus welchem sie nach materialen Naturgesetzen (Einleitung N.° IV.) beurtheilt werden kœnnen. Jede genauere Darstellung der-

selben erweitert daher die Erkenntnisse der Naturdinge. Nur muss man sie immer für das ansehen, was sie in der That sind, und der Natur der Sache nach sein kœnnen: sie sind Bindungsstufen der vertheilten ursprünglichen Kraftæusserungen, die nur in dem Wirkungskreise anderer Bindungsakte und Neigungen zu Bindungen, so wie sie einander wechselsweise in ihrer Wirksamkeit beschrænken, wahrgenommen werden; und folglich sind sie einer individuellen Darstellung unfæhig, ja eine solche ist vœllig unmœglich. Materielle Produkte, denen man den Namen Grundstoffe vorzugsweise beilegen darf, scheinen folgende zu sein: *Elektrizitætsstoff* (principium electricum, principe électrique), *Wærmestoff* (principium caloris, calorique), *Lichtstoff* (principium lucis, lumiére), *Wasserstoff* (hydrogenium, hydrogène), *Kohlenstoff* (carboneum, carbone), *Stickstoff* (azoticum, azote), *Phosphorstoff* (phosphoreum, phosphore),

Schwefelstoff (sulfureum, soufre), Stoff des *Magnets* (principium magneticum, principe magnétique), die Grundlagen der *Metalle*: in der *Platina* (platinum, platine), im *Golde* (aurum, or), *Silber* (argentum, argent), *Blei* (plumbum, plomb), *Kupfer* (cuprum, cuivre), *Eisen* (ferrum, fer), *Zinn* (stannum, étain), *Arsenik* (arsenicum, arsenic), *Wolfram* (wolframium, tungstène), *Molybdœn* (molybdænum, molybdène), *Magnesium* (magnesium, manganèse), *Wismuth* (bismuthum, bismuth), *Spiessglanz* (Stibium, antimoine), *Tellurium* (tellurium, tellure), *Zink* (zincum, zinc), *Quecksilber* (hydrargyrum, mercure), *Nickel* (niccolum, nickel), *Kobalt* (cobaltum, cobalt), *Chromium* (chromium, chrome), *Uran* (uranium, urane), *Titan* (titanium, titane).

§. 139.

Alle materielle Aeusserungen sind demnach Wirkungen von Grundstoffen; alle qualitative Verschiedenheit entspringt aus

dem verschiedenen quantitativen Verhæltnisse jener Grundstoffe, und aus der verschiedenen Art ihrer Verbindung. Aber auch aus der Verbindung mehrerer Individuen entstehen Kœrper eigener Natur, und alsdann nennt man die Bestandtheile, die sich zunæchst zu einem Individuum verbunden haben, die *næhern* oder *næchsten Bestandtheile* (principia proxima, s. partes constitutivæ proximæ); und diejenigen, aus welchen sie zusammen gesetzt sind, die *entfernten* (principia remota, partes constitutivæ remotæ). Es ist immer von vieler Wichtigkeit, bei den gegenseitigen Wirkungen der Kœrper so wohl ihre verschiedenen Bestandtheile, als auch die Verbindung derselben in Betrachtung zu ziehen. So wirkt z. B. die atmosphærische Luft theils durch die verschiedenen in ihr verbundenen Gasarten, und durch die Art und Weise ihrer Verbindung, theils durch die Grundstoffe jeder einzeln.

§. 140.

Die Flæchenanziehung (§. 135.) ist entweder *Zusammenhang* (cohæsio), oder *Anhængung* (adhæsio). Jenen æussert jeder Kœrper durch Widerstand gegen seine Trennung in gleichartige Theile; diese hingegen durch Widerstand gegen seine Entfernung von einer ihm anliegenden Flæche eines Kœrpers. Durch die Wirkungen ihres Zusammenhængungsvermœgens nehmen flüssige Kœrper eine sphærische Gestalt an, bilden kleine Portionen derselben Tropfen, weil in dieser Form mehrere Punkte unter einander in Berührung sind, als in jeder andern; hingegen hat jene Erscheinung, dass flüssige Massen in verschiedenen Gefæssen sich an dem Rande ihrer Oberflæche mehr oder weniger erheben, ihren Grund in den Wirkungen des Anhængungsvermœgens. Man unterscheidet noch die Zertheilung eines Kœrpers, bei welcher die Wirkungen des

Zusammenhængungsvermœgens überwunden werden, von jener Trennungsart, die man durch chemische Prozesse hervorbringt, durch den Namen der *mechanischen Theilung*.

§. 141.

Flæchenanziehungen, die eine dünne Schichte einer Flüssigkeit unter zwei Kœrpern hervorbringen, kann man mit dem Namen des *gebrochenen Anhængungsvermœgens* belegen. Von dieser Art ist das feste Aneinanderhalten zweier starrer Kœrper, zwischen welche man irgend eine flüssige Substanz gebracht hat. So hængen auch starre Kœrper an einer und derselben Flüssigkeit mit verschiedener Kraft an, je nachdem sie mit irgend einer andern Flüssigkeit vorher angefeuchtet wurden; und wenn sich Flæchenanziehungen zwischen starren und flüssigen Kœrpern in der unverænderten atmosphærischen sowohl, als auch in einer verdünnten Luft schon in Entfernungen von ohnge-

fæhr einer Viertellinie wahrnehmen lassen: so sind sie unstreitig ebenfalls in den Wirkungen des gebrochenen Anhængungsvermœgens gegründet, das jene Kœrper durch die Mitwirkung der noch zwischen ihnen vorhandenen Luftmassen gegen einander æussern.

§. 142.

Das Bestreben zu Einigungen, das die verschiedenen ungleichartigen Grundstoffe in ihren Produkten hervorbringen, begründet unstreitig in eben demselben Verhæltnisse Verwandtschaftsæusserungen (§. 136.) und Flæchenanziehungen in den næmlichen Kœrpern; so dass die Wirkungen der Durchdringungen und der Flæchenanziehungen nur dem Grade nach unterschieden, ihrer Ursachen nach aber vœllig einerlei sein müssen. Da sich aber beide Wirkungen in den Berührungspunkten zuerst æussern, so verhalten sie sich auch nothvendig bei densel-

ben Kœrpern wie die Grœssen der einander berührenden Flæchen.

§. 143.

Ein sehr geringer Zusammenhang eines flüssigen Kœrpers macht die Bestimmung seines Anhængungsvermœgens an starre Kœrper æusserst schwierig, und in manchen Fællen unmœglich, wenn dasselbe durch den Widerstand gefunden werden soll, den es einer Trennung des starren Kœrpers von dem flüssigen entgegen setzt. Denn ist der Zusammenhang um ein Merkliches geringer als die Adhæsion: so überwinden die angewandten Kræfte jenen ganz allein, indem sich eine ganze Schicht vom flüssigen Kœrper mit losreisst. Sind aber Adhæsions- und Zusammenhængungsvermœgen beinahe einander gleich: so næhert sich jene Kraftanwendung dem Verhæltnisse der Anhængung, da bei einer grœssern Wirkung derselben sich auch unfehlbar eine grœssere Menge Theile vom flüssigen Kœrper

an den starren anhængen. Nur, wenn der Zusammenhang græsser als die Adhæsion ist, verhælt sich die trennende Gewalt genau wie die letztere, weil jener durch dieselbe nicht überwunden wird. So verhælt es sich z. B. bei der Anhængung des Quecksilbers an Glas, Marmor, und an einige Metalle.

§. 144.

In *Haarrœhrchen* (tubi capillares), so nennt man Rœhren, die an beiden Enden offen und ohngefæhr noch kein Zehntel Zoll weit sind, erheben sich flüssige Kœrper, nach der Græsse ihres Anhængungsvermœgens zu denselben, gegen ihre Schwere in die Hœhe; und wenn die Rœhren an und für sich von gleicher Beschaffenheit sind, so verhælt sich die Hœhe des Aufsteigens einer und derselben Flüssigkeit verkehrt, wie die Weiten oder die Durchmesser der Rœhren. Man setze für die Durchmesser D, d; für die Anhængungsæusserungen V, v; für die

aufsteigenden Massen der Flüssigkeit M, m; und für die Hœhen ihrer Bewegung A, a: so ist $M:m = AD^2 : ad^2$; $V:v = M:m$; und $V:v = D:d$. Daher $M: m = D:d = AD^2 : ad^2$. Folglich $ad^2 D = AD^2 d$, $ad = AD$, und $A:a = d:D$. Diese Aeusserungen des Anhængungsvermœgens finden sich bei den Bewegungen flüssiger Kœrper in Saugadern; auch Durchdringungen werden durch eben dieselben befœrdert. Wenn man zwei Platten starrer Kœrper unter einem sehr spitzigen Winkel an einander hælt, so bilden sie ein System von Haarrœhrchen, deren Durchmesser von den beiden an einander liegenden Kanten allmæhlig zunimmt, und daher erheben sich flüssige Kœrper, die Anhængung gegen dieselben æussern, zwischen ihnen unter der Gestalt einer gleichseitigen Hyperbel.

§. 145.

Die Hervorbringung eines Naturdinges der Gattung nach nennt man *Zeugung;*

jede Wirkung derselben, wodurch aus unæhnlich scheinenden Stoffen æhnliche Materien entstehen, *Assimilation.* Ein Kœrper heisst *organisirt*, wenn er durch die Zeugungsprozesse, die seine Theile wechselsweise gegen einander wirken, subsistirt; der Zusammenhang der Theile unter einander, *Organism*; die wahrnehmbaren Wirkungen desselben, *Lebensæusserungen*; und das dazu gehœrige Wirkungsvermœgen, *Leben*; und ein Kœrper, der mit demselben begabt ist, *belebt.*

§. 146.

Ein organisirter, oder belebter Kœrper hat die ihm eigenthümlichen Kræfte nicht anders, als durch die eigenthümliche Beschaffenheit seiner Theile, oder durch gewisse Normalmischungen, die sich in denselben selbst unter den mannigfachsten æussern Einwirkungen unverændert erhalten, und die selbst dieser Einwirkungen, oder vielmehr der Mitwirkungen

anorganischer Kœrper bedürfen, damit alle Theile ihre Zeugungsprozesse in denselben ausüben, dadurch Stoffe für einander hervorbringen, die sie einander zuführen müssen. Hieraus sieht man zugleich, wie der wirksame Einfluss unorganischer Kœrper zur Subsistenz der organischen unerlasslich nothwendig ist. So aber auch mit den gegenseitigen Wirkungen der einzelnen Theile. Næmlich die Zwischenzustænde, durch welche jeder ihrer Uebergænge aus einem Zeugungsprozess in den andern erfolgt, sind nicht selbst Zeugungsprozesse; sonst würden ihre totalen Wirkungen unmœglich sein. Aus allem diesem erhellet, dass es vœllig ins Ungeræumte fællt, Lebensæusserungen als Wirkungen irgend einer eigenen Grundkraft anzusehen, die nach andrer Weise wirken sollte, als den Gesetzen der Aggregationsanziehungen anderer Kœrper gemæss ist. Allein man darf ohne Widerrede die wirksame Beziehung aller

Theile gegen einander mit dem Namen *Lebenskraft* belegen. Ein organisirter Kœrper ist also ein System von Naturdingen, deren jedes wieder als ein System von chemischen Prozessen wirkt.

§. 147.

Jede Wirkung eines anorganischen Kœrpers auf einen organischen ist mit einer *zwiefachen Wechselwirkung* verbunden: die eine æussert sich *unmittelbar* in den einander berührenden Punkten, und die andere erfolgt *mittelbarer* Weise aus der dynamischen Kausalverbindung des affizirten Theils und dessen Verhæltnissen mit den übrigen Theilen des Systems. Durch diese Mitwirkung geschieht es eigentlich, dass alle Wirkungen des organisirten Kœrpers eigener Art sind; so wie z. B. die Wirkungen des Lichts auf den Sehenerven, die Lichterscheinungen bei galvanischen Prozessen, die Wirkungen narkotischer Substanzen auf den thierischen Kœrper. Die mittelbaren Gegen-

wirkungen, die mit jeder æussern Einwirkung verbunden sind, nennt man *Erregungen*; die dazu gehœrigen eigenen Wirkungsvermœgen eines jeden Theils des organisirten Kœrpers, *Funktionen*; und seine Rezeptivitæt für eben diese Wirkungen, *Erregbarkeit*.

§. 148.

Jeder Einfluss auf einzelne Theile des belebten Kœrpers, der andere Aeusserungen veranlasst, als den Funktionen gemæss ist, bringt nothwendig Stœrungen in dem ganzen System hervor, indem die organischen Normalprozesse und die davon abhængige Qualitæt der Theile verændert wird. Man nennt jede Reihe von Gegenwirkungen, die solche Stœrungen vermuthen lassen, *Reitzungen*, und was dieselben hervorbringt, *Reitze*. Diese sind ebenfalls *zwiefacher* Art: *Andrang* und *Uebermass* æusserer Einflüsse, oder *Abgang* und *Mangel* derselben. Beide vermindern die Kræfte des Systems: jene

durch die Anstrengungen, die sie veranlassen; diese aber, weil verschiedene Theile die ihnen zugehœrigen Funktionen nicht ausüben, und folglich ihre Aeusserungen den Normalprozessen entgegen gesetzt sind.

§. 149.

Aus der Verbindung verschiedener Grundstoffe in verschiedenen quantitativen Verhæltnissen entspringen ursprüngliche Gestaltungen, die man mit dem Namen *Grundbildungen* belegen kann; und aus regelmæssigen Zusammenfügungen derselben entsteht ein solches Ebenmass in ihren Produkten, dass man durch einen Durchschnitt derselben zwei æhnliche Hælften erhælt. Bei unorganischen Kœrpern nennt man diese regelmæssige Gestalt *Krystall*, und bei organisirten Kœrpern *organische Struktur*.

§. 150.

Wegen der verschiedenen Lage und Ordnung der Grundbildungen und ihrer

verschiedenen Zusammenfügungen scheint ein jeder Kœrper aus abgesonderten Schichten zusammen gesetzt; jeder Kœrper ist aber auch in der That mit durchscheinenden Materien durchwebt, und man sagt daher, alle Kœrper seien *porœs.* Für das bewaffnete Auge gibt es wirklich keine vollkommene glatte oder ebene Flæche. Aus den Erhœhungen und Vertiefungen derselben erwæchst nun ein Hinderniss der Bewegung, wenn Kœrper auf einander verschoben werden, und man belegt dasselbe mit dem Namen *Reibung* (frictio). Sie wæchst nicht so sehr mit der Grœsse der Oberflæche der auf einander bewegten Kœrper, als mit der Grœsse des Druckes; sie ist am Anfange der Bewegung jederzeit am geringsten, und am grœssten bei gleichartigen Kœrpern, die auf einander bewegt werden.

§. 151.

Das Zusammenhængungsvermœgen eines Kœrpers überhaupt heisst *Soliditæt;*

in Beziehung auf die Zusammenfügungen seiner Grundbildungen, wodurch einer trennenden Gewalt ein merklicher Widerstand entgegen gesetzt wird, *Festigkeit* (firmitas); der Widerstand gegen die Trennung kleiner Partikelchen *Hærte*; ist aber derselbe sehr gering, so nennt man den Kœrper *weich.* Die Soliditæt widersteht jeder Abænderung in der Gestalt, die Festigkeit dem Zerreissen oder Zerbrechen, und die Hærte dem Ritzen oder Zerstossen. *Brüchig* nennt man einen Kœrper, der dem Zerbrechen oder Zerstossen einen geringen Widerstand leistet. Ein Kœrper, in welchem sich jeder Riss immer tiefer oder weiter verbreitet, als man ihn hervorbringen will, heisst *sprœde.*

§. 152.

In einem und demselben Kœrper begründet das eigenthümliche Gefüge, oder die Anordnung der Theile verschiedene

Aeusserungen des Zusammenhængungsvermœgens:

a) Die Kræfte wirken dem Zusammenhængungsvermœgen gerade von der Seite entgegen, wo dasselbe am grœssten ist,

aa) um eine Trennung zu bewirken. Hier nennt man den Widerstand *absolute Festigkeit.* Diese verhælt sich bei durchaus gleichartigen Kœrpern, die von gleicher Længe sind, wie die Grœsse ihres Umfanges. Verlængert die trennende Gewalt den Kœrper, bevor er zerreisst, so heisst derselbe *dehnbar* (corpus ductile). Sehr erhitztes Glas ist dehnbar. Mangel an Dehnbarkeit nennt man *Steifigkeit.* Auf diese hat man bei dem Gebrauch der Seile Rücksicht zu nehmen, da ihre Steifigkeit Hindernisse der Bewegung hervorbringt. Wenn der Kœrper seine vergrœsserte Ausdehnung nicht wieder verændert, nachdem die æussere Gewalt entfernt ward: so ist er *zæh.* Gold, erweichtes Glas, ist dehnbar und zæh;

nimmt er aber seine vorherige Gestalt wieder an, so ist er *attraktiv elasstisch.* Federharz ist attraktiv elastisch.

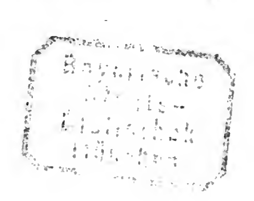
bb) um die Theile einander zu næhern. Hier ist die Aeusserung des Zusammenhængungsvermœgens die *relative*, oder die *abgeleitete Festigkeit.* Diese ist ebenfalls im Verhæltnisse des kœrperlichen Umfanges. Verændern die Theile ihre gegenseitige Lage vor ihrem Zerreissen, so ist der Kœrper *geschmeidig.* Sprœde Kœrper sind zugleich auch ungeschmeidig. Bleibt jene verænderte Lage bei der Entfernung der æussern Gewalt, so nennt man den Kœrper *weichgeschmeidig*; im entgegen gesetzten Falle, *expansiv elastisch.*

b) Die trennende Gewalt wirkt gegen die Seite, wo die Aeusserungen des Zusammenhængungsvermœgens am grœssten sind, in durchschneidender Richtung. Hier widersteht die *respektive Festigkeit.* Bei dieser kommt offenbar das statische Mo-

ment (§. 98.), oder die Entfernung der wirkenden Kræfte von der Stelle, wo der Kœrper beim Brechen sich umbeugen muss, in Betracht; und daher ist das Verhæltniss der respektiven Festigkeit zweier durchaus gleichartiger Parallelepipeden aus dem geraden Verhæltnisse ihrer Breite, des Quadrates ihrer Dicke oder Hœhe und dem verkehrten ihrer Længe zusammen gesetzt. Ein Kœrper heisst *biegsam*, wenn die gegenseitige Lage seiner Theile sich unter einander verændert, ehe sie brechen; *formbar*, wenn der Kœrper bei Entfernung der Gewalt in jener verænderten Lage bleibt; nimmt er aber seine vorige Gestalt wieder an, so nennt man ihn *reluktiv elastisch*. Die Eigenschaft der reluktiven und expansiven Elastizitæt kann man überhaupt mit dem Namen der *relativen Elastizitæt* belegen.

c) Die trennende Gewalt wirkt gegen die Seite des Kœrpers, wo die Aeusserun-

gen seines Zusammenhængungsvermœgens am grœssten sind, in schiefer Richtung. Dass hier der Widerstand aus den beiden vorigen Arten zusammen gesetzt ist, ist leicht einzusehen.



DRUCKFEHLER.

Seite 5 Zeile 2 von unten: gastattet lies gestattet.
— 11 — 13 Ganzé l. Ganze.
— 26 — 3 Hauptstük l. Hauptsück.
— 27 — 3 von unten: Achsen l. Axen.
— 63 — 15 §. 50 l. §. 51.
— 66 und 67 Atome l. Atomen.
— 73 — 2 næmliche l. næmlich.
— 75 — 8 l. in allen.
— 77 — 7 Rupulsionen l. Repulsionen.
— 108 — 1 an die l. an den.

